

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL: ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

Estudio y mejora de una línea de montaje mediante Lean Manufacturing

Proyecto Final de Carrera

ISMAEL TORRES GÁRATE

LEGANÉS, 2011

A José, a MaríCarmen, a Raquel

A Maripaz

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a Jon García la oportunidad que me dio de poder realizar este proyecto. Su ayuda, sus ideas y consejos y sobre todo la confianza que ha depositado en mí.

Este proyecto es la consecuencia del trabajo realizado por mucha gente, por lo que me gustaría agradecer la ayuda recibida a todas aquellas personas que han participado directa o indirectamente en la realización del mismo.

Gracias a todos mis compañeros de Cajas Ligeras y Cajas Pesadas por tratarme como uno más desde el primer día.

A mis amigos de universidad, por su ayuda con las prácticas y exámenes y por hacer más amenas las clases y horas de estudio a lo largo de estos años.

A mis padres y hermana por su apoyo, por la educación que me han dado siempre y porque sin ellos no sería quien soy.

A Maripaz por comprenderme, por apoyarme, por estar ahí.

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

INDICE

Estudio y mejora de una línea de montaje
mediante Lean Manufacturing

ISMAEL TORRES GÁRATE

INDICE

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. INTRODUCCION	2
1.2. OBJETIVO DEL PROYECTO	4
1.3. ACLARACIONES Y PLAN DEL PROYECTO	5
1.4. ESTRUCTURA DEL PROYECTO	7
1.5. GLOSARIO DE TERMINOS Y SIGLAS	10
 CAPITULO 2: SECTOR AGRÍCOLA MUNDIAL Y SU RELACIÓN CON JOHN DEERE & COMPANY	 11
2.1. SECTOR AGRICOLA MUNDIAL	12
2.2. MAQUINARIA AGRICOLA EN ESPAÑA	13
2.3. LA EMPRESA DEERE & COMPANY	17
2.4. ORGANIZACIÓN DE DEERE & COMPANY	21
2.5. JOHN DEERE & COMPANY	25
2.5.1. ORGANIZACIÓN DE JOHN DEERE IBÉRICA, S.A.	28
2.5.2. MINIFÁBRICA DE CAJAS LIGERAS	32
 CAPITULO 3: MARCO TEÓRICO	 35
3.1. INTRODUCCIÓN	36
3.2. CARTOGRAFÍA DE LA CADENA DE VALOR	37
3.3. FAMILIAS DE PRODUCTOS	37
3.4. TIEMPO DE CICLO	38
3.5. TRABAJO ESTÁNDAR	40
3.6. KANBAN	40
3.7. HERRAMIENTAS DE EQUILIBRIO	44
3.7.1. ELIMINACIÓN DE DESPERDICIO	45
3.7.2. REDISTRIBUCIÓN DE TRABAJO	45
3.7.3. SUMINISTRO DE NUEVOS RECURSOS	45
3.7.4. KANBAN EN PROCESO (IPK)	46
3.7.5. INVENTARIO PREVENTIVO	51
3.7.6. SECUENCIACIÓN DE PROCESOS	52
3.8. PRODUCCIÓN PROGRAMADA	52
3.9. ORDEN Y LIMPIEZA (5S)	53
3.10. DISPOSITIVOS POKA YOKE	54

3.11. PASOS PARA CONSTRUIR EL MAPA DE FLUJO DE VALOR O VSM...	54
3.11.1. ESTADO INICIAL	57
3.11.2. ESTADO FUTURO	65
CAPITULO 4: SITUACIÓN INICIAL DE JOHN DEERE IBÉRICA Y CAJAS LIGERAS	69
4.1. SITUACIÓN INICIAL DE JOHN DEERE IBÉRICA.NIVEL 1.	70
4.2. SITUACIÓN INICIAL MINIFÁBRICA CAJAS LIGERAS. NIVEL 2.	73
4.3. INTRODUCCIÓN AL NIVEL 3.	77
CAPITULO 5: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y DE LA LÍNEA DE MONTAJE ROW UNIT	79
5.1. INTRODUCCIÓN.....	80
5.2. FUNCIONAMIENTO DE UNA COSECHADORA	80
5.3. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE MONTAJE.	86
5.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MONTAJE	89
5.4.1. OPERACIÓN 05	64
5.4.2. OPERACIÓN 10	97
5.4.3. OPERACIÓN 20	98
5.4.4. OPERACIÓN 30	98
5.4.5. OPERACIÓN 40	101
CAPITULO 6: REALIZACIÓN DEL MAPA DE FLUJO DE VALOR	104
6.1. REALIZACIÓN VSM.....	105
6.2. CLIENTES	105
6.3.PROVEEDORES	107
6.4. ORGANIZACIÓN Y COMUNICACIÓN	108
6.5. PROCESO DE MONTAJE	109
6.5.1. OPERACIÓN 40	110
6.5.2. OPERACIÓN 30	117
6.5.3. OPERACIÓN 20	121
6.5.4. OPERACIÓN 10	123
6.5.5. OPERACIÓN 05	127
6.6. VSM FINAL.....	132

CAPITULO 7: ÁREAS Y ESTUDIO DE MEJORAS	134
7.1. ÁREAS DE MEJORA Y FINALIZACIÓN DE VSM.....	135
7.2. ALCANZANDO EL VSM FUTURO.....	138
7.3. MEJORAS DE STOCK	140
7.4. AJUSTES DE STOCK ENTRE PUESTOS DE LA LÍNEA	144
7.4.1. AJUSTES DE IPK. REESTRUCTURAR LAY OUT DE PREMONTAJES Y TIEMPOS DE CICLO.	144
7.4.2. IMPLANTACIÓN DE SUPERMERCADO CON E&E	146
7.5. MEJORAS DE PRODUCTIVIDAD.....	147
7.6. PROYECTOS DE INGENIERIA	156
7.6.1. PREMONTAR CARCASA EN PROVEEDOR	157
7.6.2. DISMINUCIÓN TIEMPO DE CICLO DE MECANIZADO RU	160
7.6.3. ELIMINACIÓN DE SUPLEMENTOS EN TAPAS	160
7.6.4. ANALISIS DE RACKS PARA EMBALAR 12 UDS POR CAJA	163
7.6.5. ELIMINACIÓN CUELLO DE BOTELLA EN MONTAJE FINAL	165
7.6.6. PROYECTOS DESESTIMADOS	167
7.7. RESUMEN DE OBJETIVOS CONSEGUIDOS	167
7.8. VSM FINAL.....	168
 CAPITULO 8: ESTUDIO ECONÓMICO.....	 171
8.1. RESUMEN AHORROS.....	172
8.2. DESGLOSE DE COSTES	172
8.2.1. MEJORAS DE STOCK	172
8.2.2. AJUSTES DE IPK.....	173
8.2.3. MEJORAS DE PRODUCTIVIDAD.....	173
8.2.4. PREMONTAR CARCASA EN PROVEEDOR	174
8.2.5. ELIMINACIÓN DE SUPLEMENTOS EN TAPAS	174
8.2.6. ANALISIS DE RACKS PARA EMBALAR 12 UDS POR CAJA	175
8.2.7. ELIMINACIÓN CUELLO DE BOTELLA EN MONTAJE FINAL	176
 CAPITULO 9: CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS	 177
9.1. CONCLUSIONES.....	178
9.2. FUTUROS DESARROLLOS	179
 ANEXOS:	 181
BIBLIOGRAFÍA	188

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Plan de proyecto.....	179
Figura 2.1: Volumen total de tractores inscritos en España desde 1.961 hasta 2.009. .	179
Figura 2.3: Evolución de ventas de tractores desde 1.997.....	179
Figura 2.4: Evolución de ventas de maquinaria automotriz y cosechadoras desde 1.997	179
Figura2.5: John Deere en el mundo.....	20
Figura 2.6: Porcentaje de las fuentes de ingresos de John Deere & Company	21
Figura 2.7: Organigrama de organización	22
Figura 2.8: Distribución de ventas global de John Deere & Company	23
Figura 2.9: División de John Deere & Company en función de los productos fabricados	24
Figura 2.10: Esquema de la relación entre las áreas de ventas y de fabricación.....	25
Figura 2.11: Ventas según productos en JDISA.....	27
Figura 2.12: Vista aérea de la fábrica de JDISA	29
Figura 2.13: Organigrama de la estructura de una minifábrica	31
Figura 2.14: Mapa de líneas de Cajas Ligeras.....	34
Figura 3.1: Tarjeta ejemplo Kanban.....	41
Figura 3.2: Esquema de un sistema de supermercado	43
Figura 3.3: Esquema de la opción 1 de IPK	47
Figura 3.4: Esquema de la opción 3 de IPK	50
Figura 3.5: Esquema de la opción 4 de IPK	51
Figura 3.6: Símbolos de VSM.....	56
Figura 3.7: VSM_LOADING_1	58
Figura 3.8: VSM_LOADING_2.....	59

Figura 3.9: VSM_LOADING_3.....	60
Figura 3.10: VSM_LOADING_4.....	62
Figura 3.11: VSM_LOADING_5.....	64
Figura 3.12: VSM_LOADING_CURRENT_STATE.....	67
Figura 3.13: VSM_LOADING_FUTURE_STATE	68
Figura 4.1: Esquema JDISA	70
Figura 4.2: VSM JDISA	72
Figura 4.3: VSM_NIVEL_2_Cajas_Ligeras	74
Figura 4.4: Distribución de líneas en Cajas Ligeras	76
Figura 5.1: Componentes en una cosechadora John Deere	82
Figura 5.2: Mecanismo de trilla de una cosechadora	82
Figura 5.3: Esquema de conexiones entre las cajas.....	84
Figura 5.4: Cosechadora con cabezal Corn Head.....	85
Figura 5.5: Detalle cabezal	86
Figura 5.6: Visualización de los puestos de montaje.....	88
Figura 5.7: Visualización puesto mecanizado	89
Figura 5.8: Explosionado_1. Row Unit.....	90
Figura 5.9: Explosionado_2. Row Unit.....	92
Figura 5.10: Premontaje de tapas	94
Figura 5.11: Premontaje de ejes	95
Figura 5.12: Prensa casquillo y engranaje y sus premontajes	95
Figura 5.13: Premontaje carcasa.....	96
Figura 5.14: Prensas operación 10.....	97
Figura 5.15: Resultado de la operación 10	97
Figura 5.16: Operación 20	98

Figura 5.17: Operación 30. Parte 1	99
Figura 5.18: Operación 30. Parte 2	100
Figura 5.19: Operación 30. Parte 3	101
Figura 5.20: Operación 40	102
Figura 5.21: Operación 40. Embalaje	102
Figura 6.1: Mapa de valor clientes	106
Figura 6.2: Mapa de valor proveedores	107
Figura 6.3: Mapa de valor de organización	108
Figura 6.4: Proceso Operación 40 (1/2)	111
Figura 6.5: Proceso operación 40 (2/2)	112
Figura 6.6: Resumen Hoja estándar	113
Figura 6.7: Mapa de valor de la operación 40	116
Figura 6.8: Hoja estándar resumen de la operación 30	117
Figura 6.9: VSM_operación_30	118
Figura 6.10: Carro IPK binoculares	120
Figura 6.11: Hoja estándar resumen de la operación 20	121
Figura 6.12: Tarjeta carcasa binocular	122
Figura 6.13: Mapa de valor de la operación 20	123
Figura 6.14: Hoja estándar resumen de la operación 10	124
Figura 6.15: VSM_operación_10	126
Figura 6.16: Hoja estándar resumen de la operación 05	127
Figura 6.17: Rack carcasa	130
Figura 6.18: Carro IPK ejes	131
Figura 6.19: Mapa de valor de la operación 5	132
Figura 6.20: VSM_Row_Unit_Current_State	133

Figura 7.1: VSM_ROW_UNIT_ESTADO_INICIAL	137
Figura 7.2: VSM_ROW_UNIT_ESTADO_FUTURO	138
Figura 7.3: Embalaje carcasa CE20668.....	142
Figura 7.4: Tarjeta carcasa binocular	142
Figura 7.5: IPK binoculares.....	145
Figura 7.6: Gráfico de productividad de la Row Unit	149
Figura 7.7: Principales incidencias Row Unit	151
Figura 7.8: Porcentaje de las incidencias de la cadena de montaje	152
Figura 7.9: Esquema ciclo cerrado en toma de decisiones	153
Figura 7.10: Gráfico de productividad y su relación con las incidencias.....	153
Figura 7.11: Foto de carro de la línea.....	155
Figura 7.12: Operaciones modificadas 1	158
Figura 7.13: Operaciones modificadas 2	158
Figura 7.14: Eliminación del premontaje de carcasa en operación 05	159
Figura 7.15: Movilización de la prensa	160
Figura 7.16: Detalle de eliminación de suplementos.....	162
Figura 7.17: Principales operaciones eliminadas	163
Figura 7.18: Foto embalaje 12 unidades Row Unit.....	164
Figura 7.19: Foto problema brazo embalaje.....	165
Figura 7.20: Esquema de tiempos estándar	166
Figura 7.21: VSM_ROW_UNIT_ESTADO_FINAL	170

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Porcentaje de ventas de tractores según marcas en España.....	15
Tabla 5.1: Listado de piezas_1. Row Unit.....	91
Tabla 5.2: Listado de piezas_2. Row Unit.....	93
Tabla 7.1: Resumen proyectos.....	139
Tabla 7.2: Proyectos de mejora de stock	140
Tabla 7.3: Proyectos de mejora de IPK	144
Tabla 7.4: Tabla resumen IPK.....	145
Tabla 7.5: Proyectos de productividad	147
Tabla 7.6: Datos Row Unit.....	148
Tabla 7.7: Tabla de incidencias por trimestres	150
Tabla 7.8: Proyectos de ingeniería	156
Tabla 7.9: Tabla ahorros horas estándar	168
Tabla 7.10: Tabla resumen ahorros	168
Tabla 7.11: Resumen horas estándar	169
Tabla 8.1: Resumen ahorros	172
Tabla 8.2: Resumen ahorro horas estándar en premontajes	174
Tabla 8.3: Resumen horas estándar ahorradas en operación 30	175
Tabla 8.4: Resumen horas estándar ahorradas en operación 20	176

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Censo de maquinaria agrícola automotriz (2.009)	182
Anexo 2: Tractores y cosechadoras (2.009)	183
Anexo 3: Símbolos de VSM.....	184
Anexo 4: Código de incidencias.....	185
Anexo 5: VSM Nivel 2. Cajas Ligeras (futuro)	187

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Capítulo 1: Introducción

Estudio y mejora de una línea de montaje
mediante Lean Manufacturing

Ismael Torres Gárate

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1.INTRODUCCIÓN

La metodología de *Lean manufacturing* es un término relativamente moderno en occidente (década de los 80), sin embargo este término está basado en un sistema de producción mucho más antiguo.

Lean manufacturing se desarrolla en la corriente de raciocinio de la organización de la producción. Una primera idea sobre este tipo de pensamiento la tuvo Eli Whitney al fabricar en 1.779 piezas intercambiables para mosquetes.

Desde ese año, se fue dando más importancia paulatinamente a la producción, sistemas de diseño, evolución de maquinaria y herramientas, procesos a gran escala, etc. Estos avances no aportan nada fundamental a la metodología Lean directamente, aunque se ve una preocupación por la mejora en el rendimiento de la fabricación.

En el año 1.867 nace Sakichi Toyoda, quién obtiene cierta relevancia en Japón como carpintero al inventar, en la empresa *Toyoda Loom Works*, un dispositivo aplicado a los telares que avisaba al operario con una señal visual cuando la máquina se averiaba.

En 1.910 Henry Ford y Charles E. Sorenson crean a partir de todos los elementos implicados en la fabricación un sistema continuo de producción, aplicado a la industria automovilística.

En el año 1.929, la familia Toyoda vende por 100.000 Libras el enfoque técnico dado a sus telares, consistente en el funcionamiento de los telares de forma continua. Con el dinero obtenido fundan la *Toyota Motor Company*.

Tras la segunda guerra mundial, Japón queda destruido económicamente. Era 3 veces menos competitiva que Alemania y 10 veces menos que Estados Unidos.

Es en esta época de crisis, cuando Taiichi Ohno y Shigeo Shingo comienzan a dar forma a la metodología *Lean* aplicándolo en la fábrica de Toyota.

El sistema de producción estadounidense se basaba en una producción óptima a partir de la fabricación a gran escala. Este sistema era impensable para Japón, ya que los pedidos eran mucho menores. Taiichi Ohno opinaba que se podría reducir el tiempo entre que se hacía un pedido y éste se entregaba. A ese sistema le denominó justo a tiempo.

Este sistema de producción se basaba en la búsqueda y reducción de tareas que no agregan valor al producto, tales como: empleo excesivo de recursos innecesarios, excesos de producción, excesos de existencias, etc. El objetivo definitivo es conseguir un flujo de producción continuo. (Las bases de este sistema se expondrán en el capítulo 3).

Implantando este nuevo sistema de producción la empresa Toyota ha conseguido llegar a ser el mayor productor de vehículos en Japón y la marca número uno en el mundo en ventas de automóviles, superando a General Motors.

Hoy en día, la metodología *Lean*, basada en los métodos de producción Toyota, se aplica en múltiples disciplinas, no sólo en la automoción y en las empresas más competitivas del mundo.

1.2. OBJETIVO DEL PROYECTO

El proyecto se centra en el estudio y mejora en una línea de montaje ubicada dentro del concepto de “minifábrica” situada en una planta de producción.

Los objetivos finales de este proyecto son:

1. Adquirir conocimientos sobre la metodología *Lean Manufacturing* y de su aplicación a través de la herramienta del *Value Stream mapping* o mapa de flujos de valor.
2. Adquirir conocimientos sobre las líneas de producción, procesos y metodología de trabajo en una fábrica real como John Deere Ibérica, S.A.
3. Aplicar los conocimientos de *Lean Manufacturing* a una línea de montaje a través de los mapas de flujo de valor, localizar las fuentes de desperdicio y eliminarlas o reducirlas.
4. Conseguir un ahorro mínimo en el producto de la línea estudiada de un 5% sobre el año fiscal anterior.

1.3. ACLARACIONES Y PLAN DEL PROYECTO

Como se verá a lo largo del proyecto, para poder aplicar la metodología de *Lean Manufacturing* es necesaria la participación y el esfuerzo de muchos departamentos implicados en la implantación de mejoras.

Este proyecto es la consecución del trabajo de muchas personas, por lo que veo necesario explicar brevemente cuál ha sido mi participación real en el mismo.

En primer lugar, fue necesario el apoyo por parte de los supervisores e ingenieros de producción de las distintas líneas, para adquirir los conocimientos sobre estas y sus procesos.

Una vez que se tuvo conocimientos sobre los productos y las líneas de producción, se realizaron los mapas de flujo de valor. Estos mapas y la recopilación de la información que contienen fueron realizados íntegramente por mi parte.

Una vez hechos eran reportados directamente al gerente de la minifábrica, por medio de reuniones periódicas, y conjuntamente se analizaban las fuentes de desperdicio y proyectos de mejora que podrían realizarse.

Mi implicación con los proyectos de mejora de stocks e IPKs ha sido total, estando presente en las reuniones, toma de decisiones e implantación de los proyectos conseguidos.

Me ha sido necesario conocimientos sobre métodos y tiempos, trabajo con horas estándar y toma de tiempos. Estando presente en los procesos de cambio de estándares y tomas de tiempos nuevos.

También he participado activamente en las reuniones de productividad e incidencias diarias o semanales que se han producido, ayudando en la realización de gráficos y análisis de datos, que se presentan en este proyecto.

Mi participación en los proyectos de ingeniería ha sido menor, ya que la mayoría de estos proyectos estaban avanzados en su desarrollo.

A continuación, se muestra de como ha sido el desarrollo del proyecto:

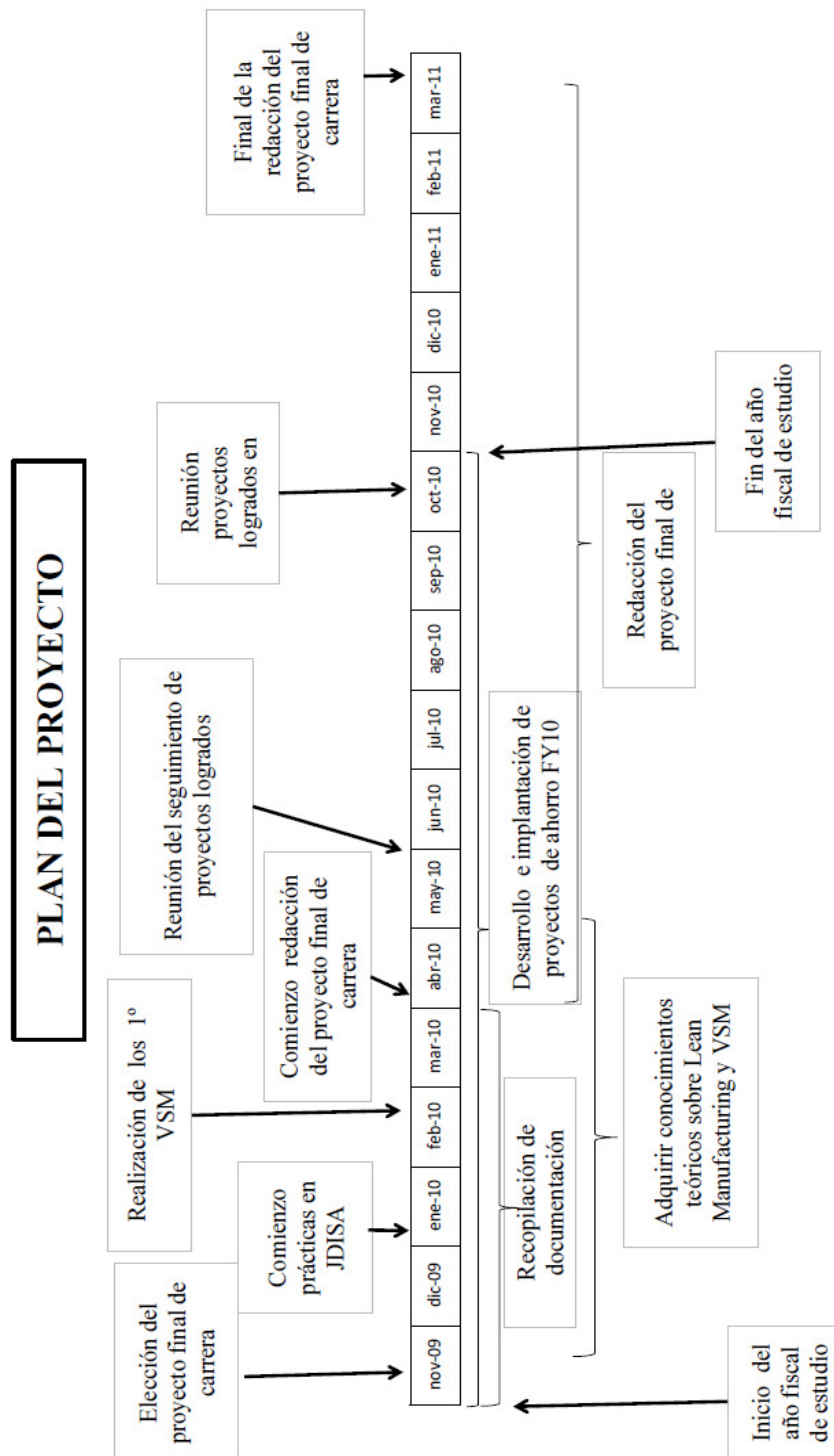


Figura 1. 1: Plan de proyecto.

1.4. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

Este proyecto consta de 9 capítulos totales, 8 adicionales al de introducción en el que nos encontramos. A lo largo de los capítulos siguientes se explicará, dentro de un contexto real, los pasos para implantar la metodología Lean en una línea de montaje, dentro de una minifábrica de John Deere Ibérica.

A continuación se describirán los capítulos siguientes:

- **CAPITULO 2: SECTOR AGRÍCOLA MUNDIAL Y SU RELACIÓN CON JOHN DEERE & COMPANY.**

En este capítulo, se pretende informar sobre el contexto global y local donde se ha realizado este proyecto final de carrera.

Inicialmente se describirá el sector agrícola a nivel global para centrarse progresivamente en el sector agrícola en España.

De igual forma, al ser John Deere una empresa multinacional, se describirá la actividad de la empresa mundialmente y se centrará en la actividad producida en España y más concretamente en el sector de la fábrica donde se realiza el proyecto.

También se relatará de forma breve un resumen sobre la historia de la compañía.

- **CAPITULO 3: MARCO TEÓRICO**

En el capítulo 3 se han desarrollado las principales bases teóricas en las que se basa este proyecto.

Se describirán de forma breve los conceptos teóricos necesarios para la construcción y aplicación de la metodología Lean, aplicando una herramienta de demostrada utilidad, como es el flujo de un mapa de valor o VSM.

- **CAPITULO 4: SITUACIÓN INICIAL DE JOHN DEERE IBÉRICA Y DE CAJAS LIGERAS**

En este capítulo se describe el entorno de trabajo donde se va a aplicar la metodología *Lean*. Se describirá el estado inicial de la minifábrica donde se va a desarrollar el trabajo, para luego poder ver las fuentes de desperdicio y eliminarlas.

Este capítulo nos introduce brevemente a la realización de los mapas de flujo de valor.

- **CAPITULO 5: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y DE LA LINEA DE MONTAJE ROW UNIT.**

En el capítulo 5 se describe el funcionamiento de una cosechadora y la función que ocupa la caja de engranajes, que va a ser objeto de estudio, en la misma.

A continuación se describirá su proceso de montaje y todas las cuestiones necesarias de la línea sobre el que se va a realizar el estudio del VSM.

- **CAPITULO 6: REALIZACION DEL MAPA DE FLUJO DE VALOR**

En el capítulo 6 se describirá en profundidad la realización del mapa del flujo de valor inicial.

Los dos capítulos anteriores y lo que en ellos se explica es importante, ya que sin el conocimiento de lo que se está produciendo y la manera en que se produce, no se puede saber donde se encuentran las fuentes de desperdicio, puestos donde se puede mejorar el proceso y otros factores que afectan a la aplicación de la metodología *Lean*.

- **CAPITULO 7: ÁREAS Y ESTUDIO DE MEJORAS**

Este capítulo se puede dividir en tres bloques principales. En el primero se termina de realizar el VSM, localizando las fuentes de desperdicio y la realización de un VSM futuro.

En segundo lugar se describen todos los proyectos en los que se ha trabajado en el año fiscal 2010. Se trata de describir de forma breve, los cambios que se han realizado y ver cómo han afectado a la línea de montaje. Finalmente se realizará un VSM con las mejoras implantadas.

- **CAPITULO 8: ESTUDIO ECONÓMICO**

Como indica el título en este capítulo se relacionan los proyectos realizados con los beneficios obtenidos. Los beneficios que aquí se describen, incluyen tanto los tangibles, sean económicos o no, como los intangibles.

- **CAPITULO 9: CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS**

Se describirá en este capítulo final las conclusiones a las que se han llegado con la aplicación de la metodología *Lean*, a través de una herramienta tan sencilla como es el flujo de mapa de valor. Cumplimiento de objetivos, posibles desarrollos de mejora en el futuro y proyectos en los que ya se está trabajando.

1.5. GLOSARIO DE TERMINOS Y SIGLAS

- Lean Manufacturing o manufactura esbelta: método de mejora de producción.
- VSM: Del inglés value stream map o mapa de flujo de valor. Se usarán estos dos términos indistintamente a lo largo del proyecto.
- JDISA: John Deere Ibérica, S.A.
- IPK: del inglés in *kanban* process. *Kanban* entre procesos.
- JIT: del inglés Just in time.
- TPS: Sistema de producción Toyota.
- T/C: Tiempo de ciclo o takt time. Se usarán estos dos términos indistintamente a lo largo del proyecto.
- C/O: Tiempo cambio formato.
- TVA: Tiempo de valor añadido.
- NAV: No añade valor:
- MCT: Tiempo total en la fabricación de un producto.
- PE: Plazo de entrega.
- RU: Row Unit. Caja de engranajes de una cosechadora. Principal caja de estudio en el proyecto.
- HDM u OMS: Hojas de datos mecánicos.
- STD: Estándar.
- HRS.:Horas
- FY: Del inglés *fiscal year*. Año fiscal.

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Capítulo 2: Sector agrícola mundial y su relación con John Deere & Company

Estudio y mejora de una línea de montaje
mediante Lean Manufacturing

Ismael Torres Gárate

CAPITULO 2: SECTOR AGRÍCOLA MUNDIAL Y SU RELACIÓN CON JOHN DEERE & COMPANY

2.1. SECTOR AGRICOLA MUNDIAL

Los ecosistemas agrícolas son, con mucho, los mayores ecosistemas gestionados en el mundo. De la superficie total de la tierra, unas 13.000 millones de hectáreas, los pastos y los cultivos ocupan en torno a 5.000 millones.

Actualmente, el suministro de servicios de ecosistemas en general, y los servicios basados en la agricultura en particular, se enfrentan a un desafío sin precedentes por los efectos combinados del aumento de la población, el rápido crecimiento económico y una mayor integración global.

Estudios de la Organización Mundial de la Salud estiman que la población mundial aumente en un 50% entre 2.000 y 2.050, siendo los países en desarrollo el escenario de casi todo este crecimiento. Los estudios indican que probablemente la producción de alimentos a nivel mundial sea suficiente para satisfacer los aumentos esperados de la demanda efectiva, aunque estos análisis no han incorporado todavía el aumento de la demanda de biocombustibles experimentado en los últimos años.

Ante este panorama, la maquinaria agrícola toma un papel fundamental en el sector, ofreciendo una amplia cuota de mercado con un alto porcentaje de clientes en potencia. Sólo el volumen de tractores (maquinaria más representativa) que se encuentran en EEUU, es de 4.760.000 unidades con un total de 174.448.000 de hectáreas cultivables. Siendo el número total mundial de tractores de más de 27 millones de unidades.

Aunque se han producido caídas en las ventas tanto de cosechadoras como de tractores en los últimos años el mercado sigue ofreciendo muchas posibilidades existiendo múltiples empresas, tanto a nivel local como global, que dedican muchos de sus recursos a la innovación e investigación de sus productos.

De todas ellas, las 5 principales empresas a nivel mundial según su volumen de ventas en el mundo son:

- Deere & Company
- Case/New Holland
- AGCO
- Caterpillar
- Claas

Este es un sector muy especializado y de todos los grupos comerciales los 3 primeros tienen el 50% de la cuota de mercado mundial, siendo *Deere & Company* la empresa líder del sector.

2.2. MAQUINARIA AGRICOLA EN ESPAÑA

La agricultura española alcanza unos índices de mecanización relativamente altos, al relacionar la potencia disponible en los vehículos de tracción con las tierras de cultivo.

Las inscripciones realizadas en los Registros Oficiales de Maquinaria Agrícola (ROMA) recogen la maquinaria agrícola en España. Estos registros han sido modificados por el Real Decreto 1.013/2.009 el 19 de junio de 2.009.

Según este decreto, las máquinas cuya inscripción es obligatoria son las utilizadas en la actividad agraria y que deben pertenecer a alguno de los siguientes tipos:

1. Tractores agrícolas y forestales de cualquier tipo y categoría.
2. Motocultores.
3. Tractocarros.
4. Maquinas automotrices de cualquier tipo y categoría.
5. Máquinas arrastradas de más de 750 Kg de masa.
6. Remolques agrícolas.
7. Cisternas para el transporte y distribución de líquidos.
8. Equipos de tratamientos fitosanitarios arrastrados o suspendidos de cualquier capacidad o peso.

9. Las máquinas no incluidas en algunos de los apartados anteriores, para cuya adquisición se haya concedido un crédito o subvención oficial.
10. Aquellas máquinas no contempladas anteriormente y que determinen las comunidades autónomas.

De estas categorías la más representativa corresponde a los tractores, es aquí donde se produce una mayor competencia. Las unidades totales de esta maquinaria han ido aumentando progresivamente desde que los años 60 hasta la actualidad, siendo la progresión en volumen de tractores en España el siguiente:

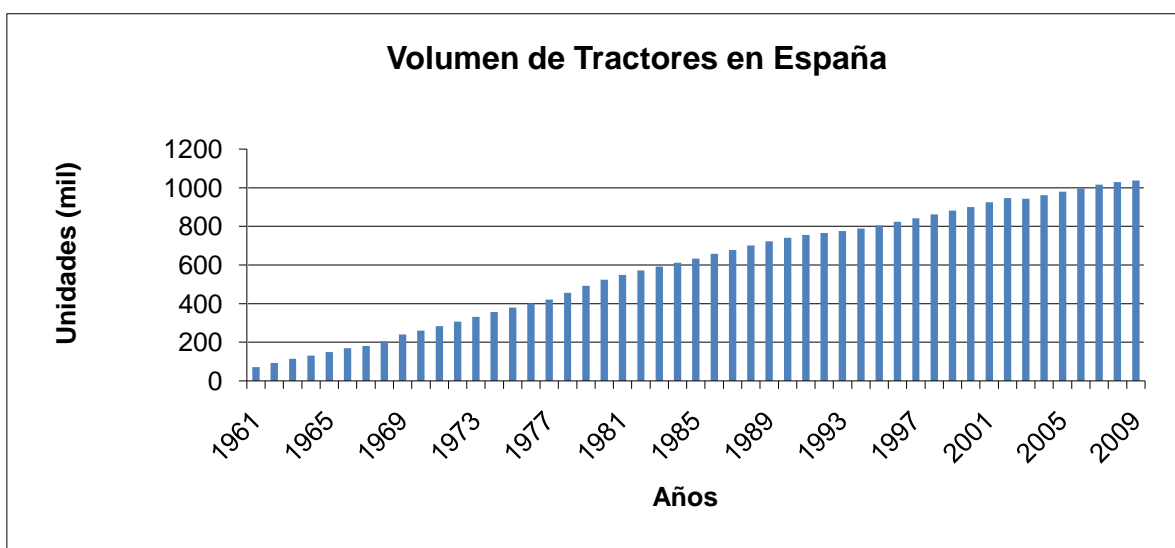


Figura 2. 1: Volumen total de tractores inscritos en España desde 1.961 hasta 2.009.

Estos datos habría que considerarlos a la baja, pues se ha constatado que en numerosas ocasiones cuando un tractor, motocultor o cosechadora quedan inservibles no se anula su inscripción en el Registro Provincial.

Según estudios no oficiales, realizados por los registros provinciales, se estima que el volumen real de tractores sería de 869.331 unidades frente al 1.016.043 de unidades registradas oficialmente en el año 2.007, 883.727 unidades frente al 1.030.440 registradas oficialmente en el año 2.008 y 895.627 unidades reales de tractores inscritos frente a las 1.038.726 unidades registradas en el año 2.009.

Capítulo 2: Sector agrícola mundial y su relación con John Deere & Company

En segundo lugar de volumen de ventas del mercado, se encuentran la maquinaria automotriz y las cosechadoras, como dato representativo se puede estimar que en el volumen total de las mismas es de algo mayor a las 26.000 unidades en España.

En cuanto a las empresas dedicadas al sector, encontramos un total 54 marcas distintas que compiten por mantener el volumen de ventas de tractores y cosechadoras en España. El porcentaje de ventas de los tres últimos años según marcas se puede ver reflejado en la tabla 2.1, donde las marcas de John Deere y New Holland ocupan por sí solas prácticamente la mitad del mercado, siendo John Deere la primera marca en porcentaje de ventas.

Marca	2.007	2.008	2.009
John Deere	30,3	28,4	25,1
New Holland	18,5	16,9	17,7
Massey Ferguson	6,7	7,1	6
Kubota	5,4	6,4	7,6
Same	5	5,4	6,1
Case IH	4,9	5,2	5,6
Landini	4,2	4	4,6
Fendt	4	4,4	4,1
Deutz-Fahr	3,8	4,3	3,6
Claas	2,5	2,7	2,2
Lamborghini	2,4	2,8	2,8
Antonio Carraro	2,3	2,1	2,3
Resto de marcas	10	10,3	12,4

Tabla 2. 1: Porcentaje de ventas de tractores según marcas en España.

Los datos del año 2.009 se pueden observar de forma gráfica en la figura 2.2., donde un porcentaje del 43% está ocupado por las marcas John Deere y New Holland. El resto de marcas no llegan a alcanzar un porcentaje superior al 8% de ventas, siendo la tercera marca Kubota con un 7,6%.

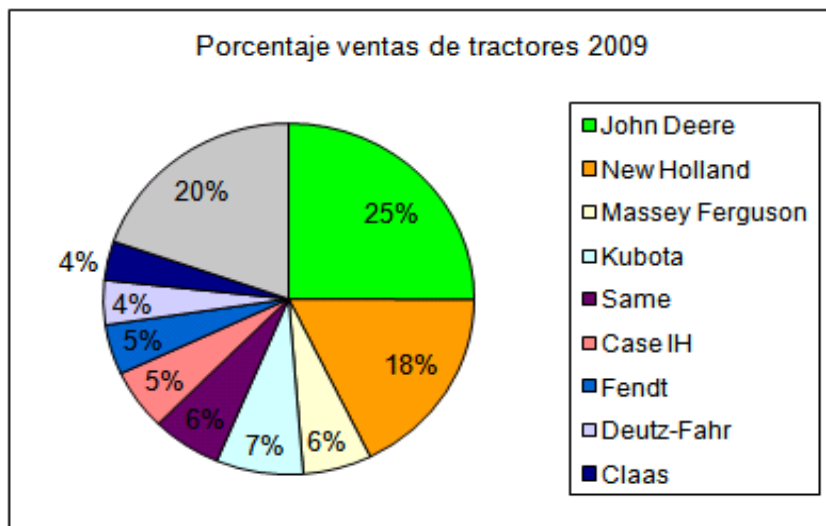


Figura 2. 2: Porcentaje de ventas de tractores según marcas comerciales en 2.009.

En el caso de los tractores y conforme a los datos del Ministerio, podemos ver en la figura 2.3. un descenso continuado desde 1.998, donde se obtiene un pico de 25.041 unidades nuevas inscritas, llegando hasta un mínimo de los últimos años en el 2.009 con un total de 11.784 unidades.

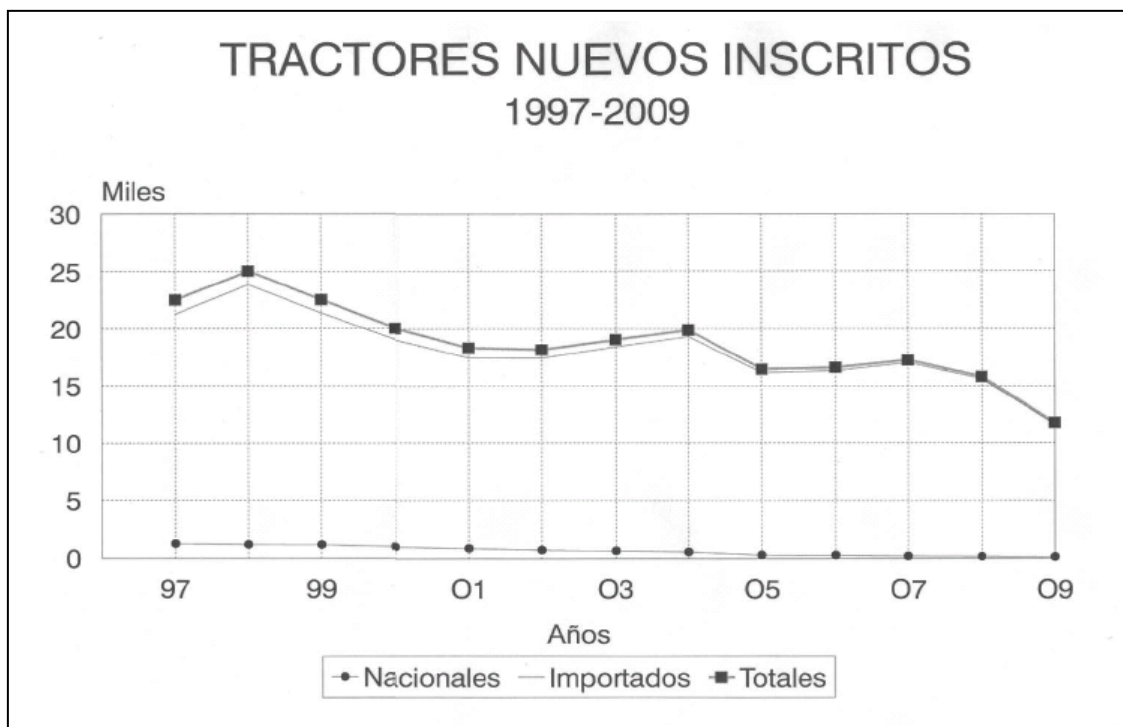


Figura 2. 3: Evolución de ventas de tractores desde 1.997.

Por el contrario la maquinaria automotriz, en su conjunto, muestra una tendencia creciente hasta el año 2004 (ver figura 2.4), donde también se produce un cambio de tendencia, llegando a una cifra de 1.040 maquinas en el último año.

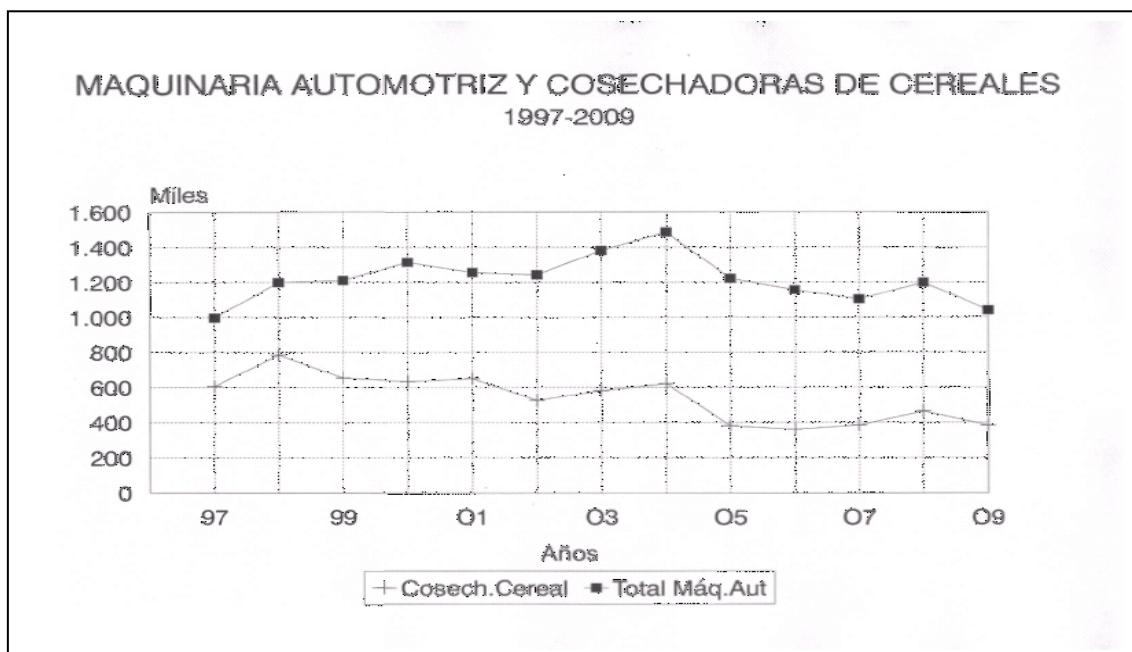


Figura 2. 4: Evolución de ventas de maquinaria automotriz y cosechadoras desde 1997.

Con los datos actuales, y aunque el volumen de unidades registradas sigue aumentando, se puede apreciar una fuerte caída de ventas en el mercado. Este descenso supera el 15% en el mercado global de la maquinaria agrícola en España en el año 2.009 con respecto al año 2.008. En este aspecto los tractores son el grupo que han sufrido un mayor descenso (25.4%).¹

2.3. LA EMPRESA DEERE & COMPANY

Deere & Company es el primer fabricante mundial de maquinaria agrícola y de equipos para la mecanización de espacios verdes, y uno de los principales productores de maquinaria para construcción y de maquinaria para explotaciones forestales. Las actividades de la compañía incluyen la fabricación y comercialización de motores y

¹ Datos del Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino.

transmisiones, servicios financieros, seguros sanitarios y la división de nuevas tecnologías.

La historia de *Deere & Company* comienza cuando el herrero John Deere decide emigrar en 1.836 desde la costa este al oeste de los Estados Unidos de América, que estaba siendo colonizado, estableciendo su forja en *Gran Detour* (Illinois).

Las tierras fértiles y arcillosas de Estados Unidos presentaban unas serias dificultades para ser cultivadas con los tradicionales arados de hierro fundido de la época, ya que se quedaban adheridas constantemente a las cuchillas, obligando al agricultor a limpiar el arado cada pocos pasos resultando muy difícil realizar las labores agrícolas.

John Deere comenzó a experimentar desde su forja con nuevas formas y materiales para crear un arado más práctico. En 1.837 lo consiguió adaptando el acero ligero y pulido de una sierra. La tierra resbalaba perfectamente sobre la superficie de las cuchillas del arado sin producir atascos, facilitando las labores y mejorando la productividad.

A partir de esta fecha comienza a aumentar la fabricación y venta de arados pasando de 10 unidades en 1.839 a 75 en 1.841 y 100 en 1.842. En 1.848 la herrería se traslada a *Moline* situado a 75 Km al suroeste de *Grand Detour*. El año siguiente se vendieron 2.136 arados.

La empresa sigue creciendo e innovando con distintos arados y productos agrícolas a lo largo de los años superando diversas dificultades. En 1.874 las ventas superan los 50.000 arados.

En la década de 1.880 la empresa dispone de fábricas distribuidas por todo el país: Kansas City, St. Louis, Minneapolis y San Francisco, fabricando los arados para los tractores de vapor que aparecen en las granjas norteamericanas. La edad de vapor dura unos 30 años hasta que es sustituido por el motor de gasolina.

Hasta 1.914 la compañía fue ampliando progresivamente sus líneas de productos, llegando a cubrir una amplia variedad de aperos para la agricultura. En 1.918 adquiere la *Gasoline Traction Engine Company*, empresa fabricante del motor de dos tiempos que se usó para el tractor *Waterloo Boy*. Esta acción supone el inicio de las actividades de fabricación de motores por parte de John Deere que continuará hasta la actualidad.

La diversificación de actividades se sigue produciendo durante el siglo XX. En los años 20 comienza la comercialización de equipos ligeros de obras públicas, que llevaron en 1.958 a la creación de la división industrial de *Deere & Company*. También se crea la *John Deere Credit*, la división de la compañía destinada a financiar la adquisición de equipos así como la división de equipos industriales dedicada al sector de las explotaciones forestales, sector en el que *John Deere & Company* destaca actualmente como líder mundial.

Las operaciones de *Deere & Company*, que hasta los años 50 habían estado concentradas en el territorio norteamericano, experimentan un tremendo crecimiento cuando la compañía decide abrir mercados hacia Europa y Sudamérica. En 1.956 se crea la división de actividades de ultramar y, con la adquisición de la marca *Lanz* (esta marca disponía de una fábrica de tractores *Lanz Ibérica* situada en el municipio madrileño de Getafe), se inician las actividades en el continente europeo. Al mismo tiempo se extienden las actividades hacia el sur creando la fábrica de John Deere en Monterrey (México). En 1.959 se inician las actividades en el continente australiano. Esta política de expansión condujo a la compañía *Deere & Company* a convertirse en el mayor fabricante mundial de maquinaria agrícola.

En la última década del Siglo XX, la actividad de *Deere & Company* ha mantenido su imparable ritmo de crecimiento. Aparecen nuevas divisiones como la de nuevas tecnologías, dedicado a la investigación en energías renovables, implementación de sistemas de irrigación, GPS para la conducción y reconocimiento de terrenos, predicción meteorológica y otros avances dedicados a la agricultura.

De esta forma ha logrado tener representación en todo el mundo tanto a nivel comercial como productivo, tal y como se muestra en el mapa de la figura 2.5. Aunque la

Capítulo 2: Sector agrícola mundial y su relación con John Deere & Company

distribución geográfica es principalmente Estados Unidos y Europa, se puede comprobar como su representación global ocupa todos los continentes.

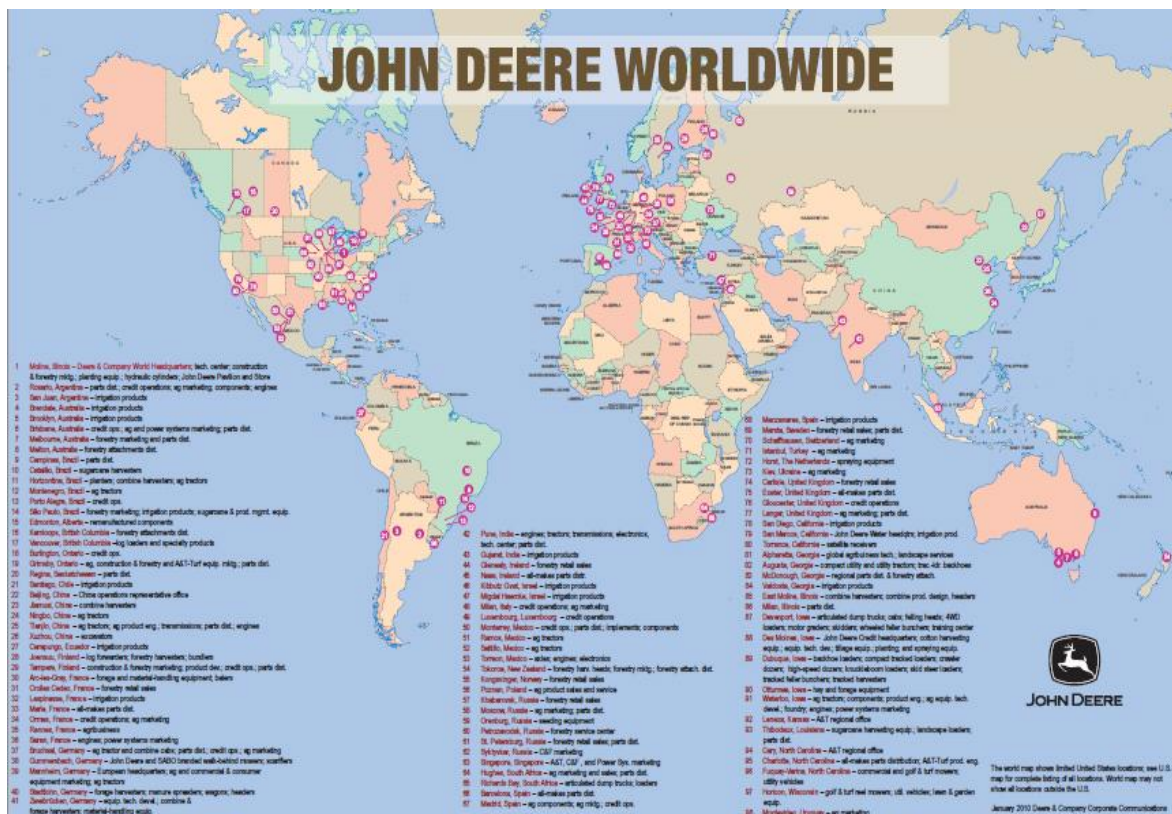


Figura 2. 5: John Deere en el mundo.

Deere & Company ha obtenido en el año fiscal 2.009 unos ingresos superiores a los 2.000 millones de dólares provenientes de sus distintas divisiones. El origen de estos beneficios se puede apreciar en la figura 2.6., donde la principal fuente de ingresos (58%) sigue viniendo del sector agrícola. Sin embargo, la diversificación cada vez es mayor, destacando la maquinaria de construcción y forestal con un 17%.

En el siguiente gráfico (figura 2.6.) se pueden observar en detalle los porcentajes de las fuentes de ingresos y la fuente de origen de la multinacional en el año fiscal 2.009.

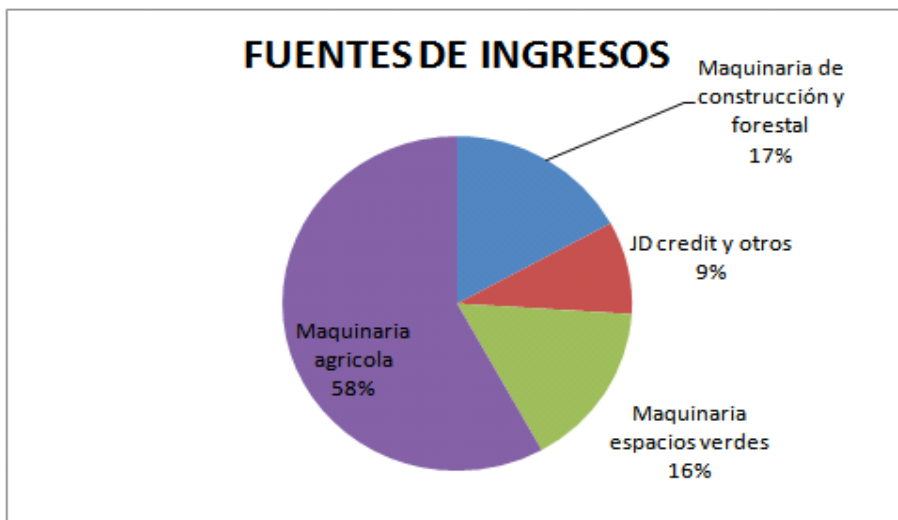


Figura 2. 6: Porcentaje de las Fuentes de ingresos de John Deere & Company.

2.4. ORGANIZACIÓN DE DEERE & COMPANY

Como la mayoría de las grandes compañías *Deere & Company* tiene un presidente apoyado por un consejo de delegados, que son los encargados de tomar las decisiones y llevar a la compañía por el camino deseado.

La estructura de la dirección de *Deere & Company* se puede observar en el organigrama de la figura 2.7.

En la figura se puede observar como una vez dentro de la división de agricultura y césped, que es donde se encuentra John Deere Ibérica, S.A., se produce una subdivisión en dos partes principales: ventas y producción, esta subdivisión es debida al gran número de fábricas que dispone y como consecuencia del mercado global.

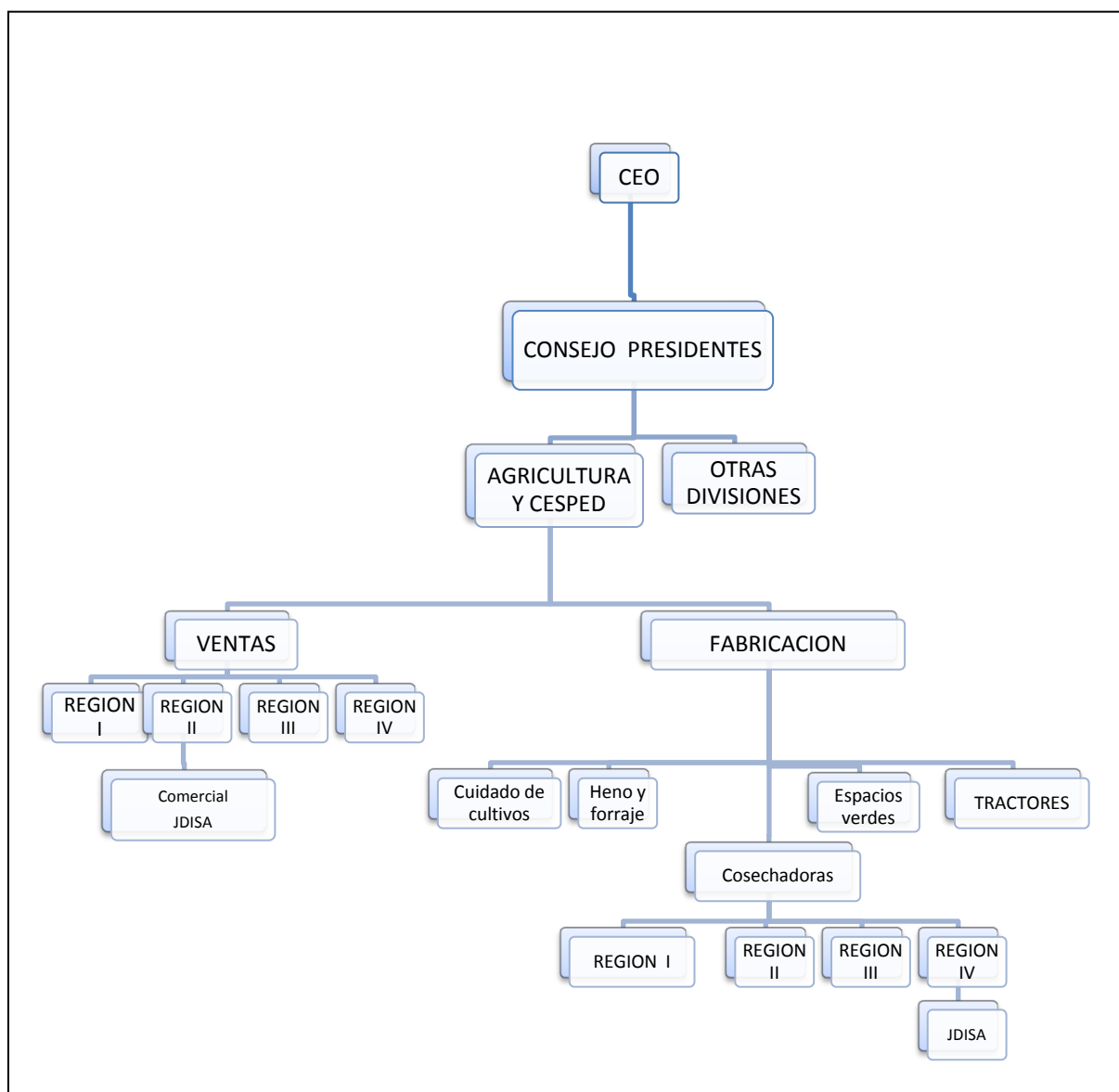


Figura 2. 7: Organigrama de organización.

Respecto al departamento de ventas se pueden apreciar cuatro áreas, tal y como se muestran en la imagen 2.7. Estas regiones representan las zonas geográficas marcadas en la figura 2.8., y se basan en el mercado, clientes similares, niveles de mecanización, culturales, similares prácticas agrícolas, potenciales mercados financieros y una adecuada proximidad geográfica. En cuanto a esta división JDISA se encuentra en la región 2.



Figura 2. 8: Distribución de ventas global de John Deere & Company.

En cuanto a producción se han ido realizando algunas reestructuraciones a lo largo de la historia en la totalidad de sus fábricas. El montaje final se realiza sólo en algunas fábricas de que dispone, mientras que el resto de fábricas pasa a dedicarse exclusivamente a la fabricación de componentes.

La compañía realiza cinco grandes grupos en función de los productos fabricados. Estas divisiones son responsables de la gestión total de las carteras de productos y servicios globales, así como de su abastecimiento. Estas cinco plataformas de la división conocida como agricultura y césped, son: cuidado de cultivos, heno y forraje, espacios verdes y servicios, tractores y cosechadoras. Estas divisiones se pueden observar en las figuras 2.7. y 2.9.

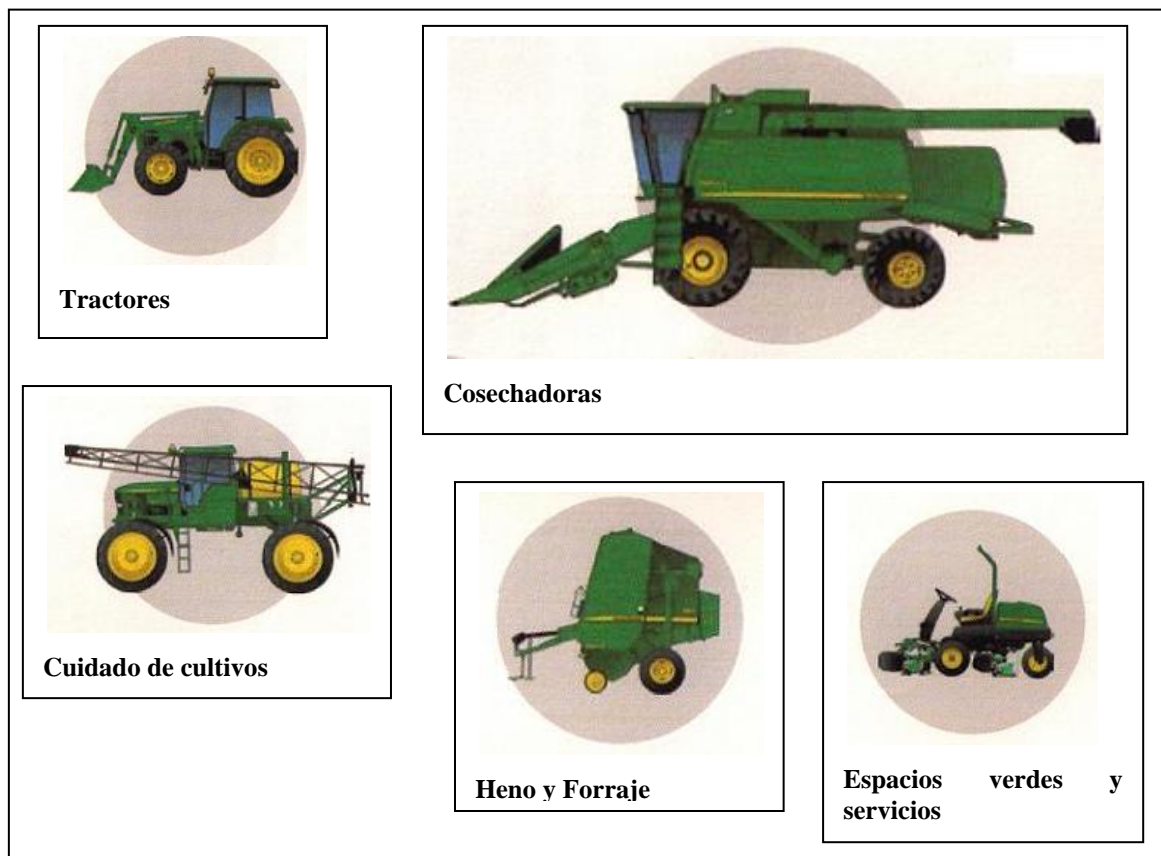


Figura 2. 9: División de John Deere & Company en función de los productos fabricados.

John Deere Ibérica, S.A. realiza componentes para todas ellas, aunque su principal fuente de producción es realizada para la construcción de cosechadoras.

Las dos divisiones de ventas y producción no son independientes, sino que se complementan y se relacionan junto con otros servicios comunes (ver figura 2.10.) de forma que la información del cliente final (problemas, satisfacción, demanda de servicios, etc.) llegue al diseño y a la producción.

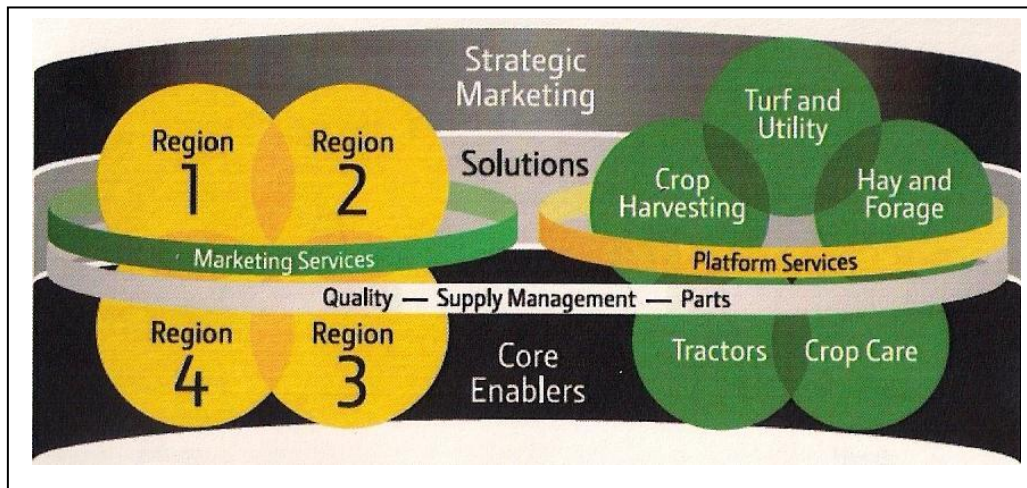


Figura 2. 10: Esquema de la relación entre las áreas de ventas y de fabricación.

2.5. JOHN DEERE IBERICA, S.A.

La historia de John Deere Ibérica, S.A. (JDISA) comienza como hemos visto en el apartado anterior con el proceso de expansión que sufre la compañía en los años 50. Con la adquisición por parte de *Deere & Company* de la marca alemana *Lanz*. Esta empresa disponía de una fábrica de tractores en la localidad de Getafe, donde ya se producían los tractores *Lanz Bulldog* (*Lanz Ibérica*).

En el año 1.963 se fabrica en dicha fábrica el primer tractor de la marca en España, una unidad del modelo JD 505.

De igual modo que la multinacional, John Deere Ibérica, S.A. comienza a progresar en el mercado español con las distintas series de unidades que fabrica como la Serie 10, la Serie 20 (1.969), la Serie 30 (1.973), la Serie 35 (1.975), la Serie 40 (1.980) y, la Serie 50 (1.987).

Los productos de la marca se consolidan en la agricultura española llegando a liderar las listas del mercado en cosechadoras y empacadoras en el año 72. Dos años más tarde llegó a liderar también la venta de tractores de ruedas.

En el año 1.987 se diversifica la actividad de la fábrica realizando, además de tractores, componentes para las demás fábricas de *Deere & Company*.

Como consecuencia de la entrada de España en la CEE, se produce un cambio de estrategia de producción por parte de la compañía. Desde entonces la fábrica de Getafe pasará a la realización únicamente de componentes para otras plantas de producción.

A partir de entonces las piezas de producción son en su mayor parte destinadas a la fabricación de cosechadoras (esta es conocida como la división de Harvester), aunque también realiza productos para otras divisiones.

Los ingresos obtenidos en John Deere Ibérica, S.A. provienen única y exclusivamente de la fabricación de componentes. Estos componentes son destinados a distintas divisiones, tal y como se ha visto antes. El 76% del volumen de ventas está dedicado a la fabricación de cosechadoras tal y como se muestra en el siguiente diagrama (figura 2.11.). También se puede comprobar como la fabricación de componentes para tractores es mínima (5%), para el departamento forestal es de un 9%, diseño un 7% y cuidado de cultivos un 3%.

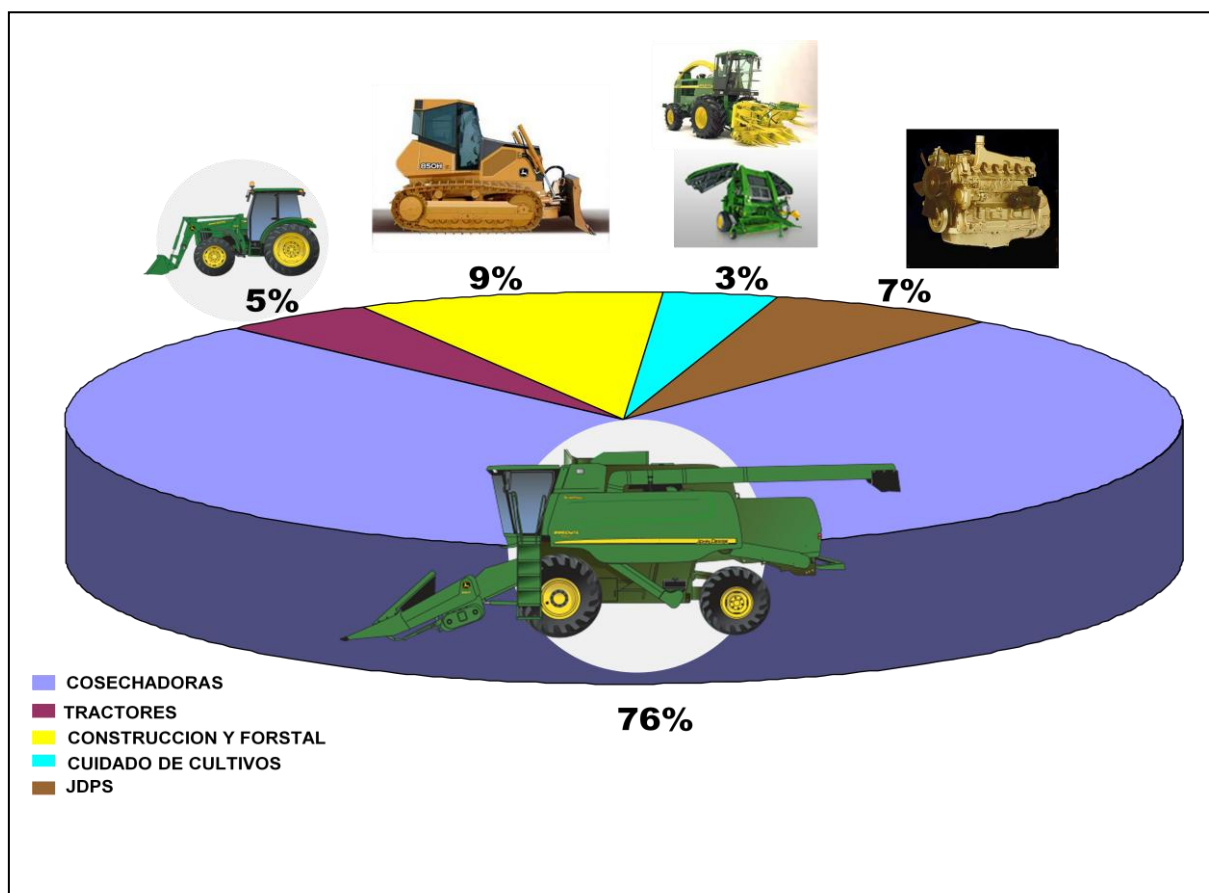


Figura 2. 11: Ventas según productos en JDISA.

Las ventas de productos de JDISA han ido aumentando en los últimos años tanto en volumen de toneladas vendidas, así como en ingresos obtenidos. Estas ventas se realizan a fábricas distribuidas principalmente en América tanto del Norte como del Sur y Europa, como se ha descrito con anterioridad.

Capítulo 2: Sector agrícola mundial y su relación con John Deere & Company

A continuación pueden observarse los principales clientes de JDISA, con la facturación realizada por años (en millones de euros) y finalmente el volumen de toneladas facturado.

AMERICA	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
AUGUSTA	9,8	8,8	7,4	8,1	9,3	2,5	3,2
BRASIL	3	1,7	1,8	9,3	16,4	5,8	16,5
C&F	9	17,4	24,2	23	25	15	16,6
DES MOINES	4,7	5,1	5	3,6	1,6	1,3	2,4
MOTORES	3,4	3,2	2,9	2,7	3,8	3,5	4
HARVESTER	49,9	51,6	40,4	56	94,7	104,4	110,9
HORICON	2,6	2,4	1,6	1,5	1,7	0,8	0,8
MEXICO	7,9	9,1	8,9	9,1	10,7	4,7	4,7
OTTUMWA	2,1	2,4	2	2,5	3	1,6	1,8
WATERLOO	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8	0,6
WELLAND	5,6	5,9	4,3	4	0,4	0	
REPUESTOS	3,6	5,3	3,3	6,5	11,2	7,6	9,7
	102,3	113,6	102,5	127,1	178,5	148,1	171,3

EUROPA	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ARC LES GRAY	1,5	1,6	1,2	1,5	1,4	0,8	0,3
MANNHEIM	9,8	8,9	9,4	10,1	8,8	5,2	4,1
SARAN	4,1	4,7	4,7	6,6	7	3,6	4
ZWEIBRUCKEN	12,6	16,4	14,7	18,6	26,6	18,5	19,6
OTROS		1,3	4,7	4,3	5,5	0,7	0,6
REPUESTOS	2,3	2,7	2,5	3,4	5,1	3,2	4,9
	30,3	35,6	37,2	44,5	54,4	32,1	33,6

TN MÉTRICAS	29.596	33.549	31.128	34.682	42.296	27.487	33.208
-------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Tabla 2. 3: Facturación de toneladas métricas relacionado con los clientes.

En esta tabla cabe destacar las fábricas de Harvester y Zweibrucken, principales clientes de John Deere Ibérica y clientes finales del producto que se ve a estudiar en el proyecto, así como el incremento de pedidos en Brasil.

2.5.1. ORGANIZACIÓN DE JOHN DEERE IBERICA, S.A.

La fábrica de Getafe se encuentra dentro de la región II, como parte de la reorganización anteriormente expuesta, se decide centralizar la producción de los

tractores de la nueva Serie 6.000 en la factoría de Mannheim (Alemania), saliendo el último tractor completo de Getafe en el año 1.994.

A partir de este momento la fábrica de Getafe se organiza para la fabricación de componentes, ocupando los componentes agrícolas el mayor volumen de producción con más de un 70% del total. El destino de los componentes de esta fábrica son otras factorías de la compañía (como se ve en la tabla 2.3.) en Alemania, Francia, EEUU, México, Argentina y Brasil.

Las instalaciones de la factoría de Getafe ocupan una superficie de 6 hectáreas sobre un total de 20 hectáreas de terreno. La fábrica, en la que trabajan unas 1.200 personas, está organizada en 4 divisiones de producción especializada o unidades de negocio que incluyen diversos componentes y conjuntos de alta calidad. Además existen zonas dedicadas al almacenaje, zona de embarques y otros servicios, tal y como se aprecian en la figura 2.12.



Figura 2. 12: Vista aérea de la fábrica de JDISA.

Dentro de cada fábrica y división podemos encontrar una estructura organizativa con nueve grandes áreas de trabajo, cada una de ellas con funciones independientes pero relacionadas entre sí.

Estas áreas a son:

- Ingeniería:
 - Ingeniería de producto: diseño.
 - Prueba y validación de producto.
- Ingeniería de manufactura:
 - Ingeniería de servicios.
 - Mantenimiento.
 - Ingeniería de procesos.
 - Ingeniería de planta.
 - Medio Ambiente.
- Compras:
 - Compañías dedicadas.
 - Estratégicas.
 - Tácticas
- Producción:
 - Minifábrica de Ejes & Engranajes.
 - Minifábrica de Cajas Pesadas (*Harvesting*).
 - Minifábrica de Cajas Ligeras (*Harvesting*).
 - Minifábrica de construcción- mandos finales- ETP.
 - Logística/Embarques.
 - Repuestos.
- Calidad.
- JD-QPS (Coordinación Mejora continua y sistemas de producción John Deere).
- Recursos humanos.
- Contabilidad y finanzas.
- Sistemas (I.T.).

Dentro de producción, que es el departamento donde se realiza este proyecto, se realiza una subdivisión atendiendo a productos relacionados entre sí. Estas subdivisiones engloban distintas funciones, líneas y puestos de montaje que atienden productos con características similares. Estas divisiones se conocen como minifábricas o unidades de negocio.

Estas unidades de negocio funcionan de forma independiente entre ellas. La jerarquía de la dirección de estas minifábricas corresponde a un gerente que gestiona los recursos que tiene asignados (ver figura 2.13.).

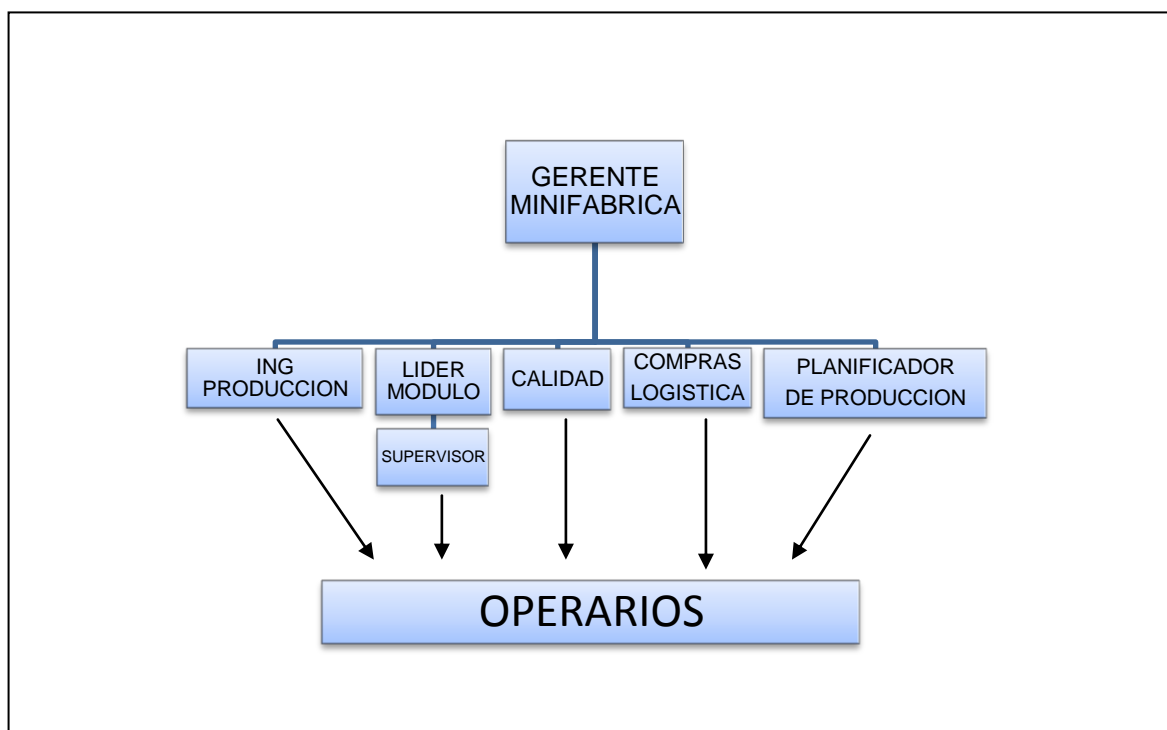


Figura 2. 13: Organigrama de la estructura de una minifábrica.

Las minifábricas que existen en John Deere Ibérica son: Ejes y Engranajes, Cajas de Transmisión: Ligeras y Pesadas y Mandos Finales.

- Ejes y Engranajes: fabrica engranajes de transmisión de los motores de las distintas unidades así como ejes y engranajes para cajas de transmisión principalmente. Los componentes finales se producen en otras minifábricas de Getafe y se exportan a Dubuque y Waterloo (EEUU), Saran (Francia), Torreón (México) y Rosario (Argentina).

- Cajas Pesadas: se producen una amplia variedad de cajas de transmisión para máquinas cosechadoras de cereales, algodón y forraje, producidas en Harvester y Des Moines (EEUU), Zweibrücken (Alemania) y Horizontina (Brasil).
- Cajas Ligeras: Las cajas ligeras de transmisión se montan en los diferentes tipos de cabezales de las cosechadoras así como cajas de transmisiones en segadoras y tractores para espacios verdes, empacadoras, tractores agrícolas, maquinaria de siega y maquinaria de construcción. Los clientes son los mismos que Cajas Pesadas.
- Mandos Finales: esta división se encarga de fabricar mandos finales para cosechadoras que se sirven a clientes de Harvester y Des Moines (EEUU), Zweibrücken (Alemania) y Horizontina (Brasil). También produce piezas para maquinaria de construcción que se envían a Dubuque y Davenport (EEUU).

2.5.2. MINIFÁBRICA DE CAJAS LIGERAS

La minifábrica de cajas ligeras surge de la especialización del trabajo que se ha visto anteriormente.

Las cadenas de montaje tienden a optimizarse al máximo de forma que se pueda aprovechar el espacio construido.

También se agrupan los procesos con características similares para sacar un mayor rendimiento en la producción. Con esta distribución los tiempos de espera entre productos y de almacenaje se reducen lo máximo posible, aplicando la filosofía *Lean*.

Como ejemplo de este agrupamiento podríamos situar en la misma ubicación productos sin pintar en naves sin instalación de pintura de forma que tuvieran un embarque directo y los productos con pintura en otra distinta.

Las principales unidades que se fabrican en el departamento de cajas ligeras tienen como destino las fabricas de Harvester, principal factoría de producción de cosechadoras y la fábrica de Horizontina (Brasil).

La minifábrica de Cajas ligeras se encuentra situada dentro del área roja en el mapa de la figura 2.14. Dentro de esta superficie se distribuyen los puestos de montaje y los materiales para la fabricación de los mismos, tal y como indican las leyendas.

Las líneas que forman parte de esta minifábrica se encuentran descritas con sus respectivos nombres. Estas zonas corresponden a las propias líneas de producción. En ellas se encuentra todo el material necesario para poder realizar la producción deseada, evitando desplazamientos innecesarios.

Cabe destacar la línea de la *Row Unit*, que es la línea que más peso va a tener en el transcurso del proyecto.

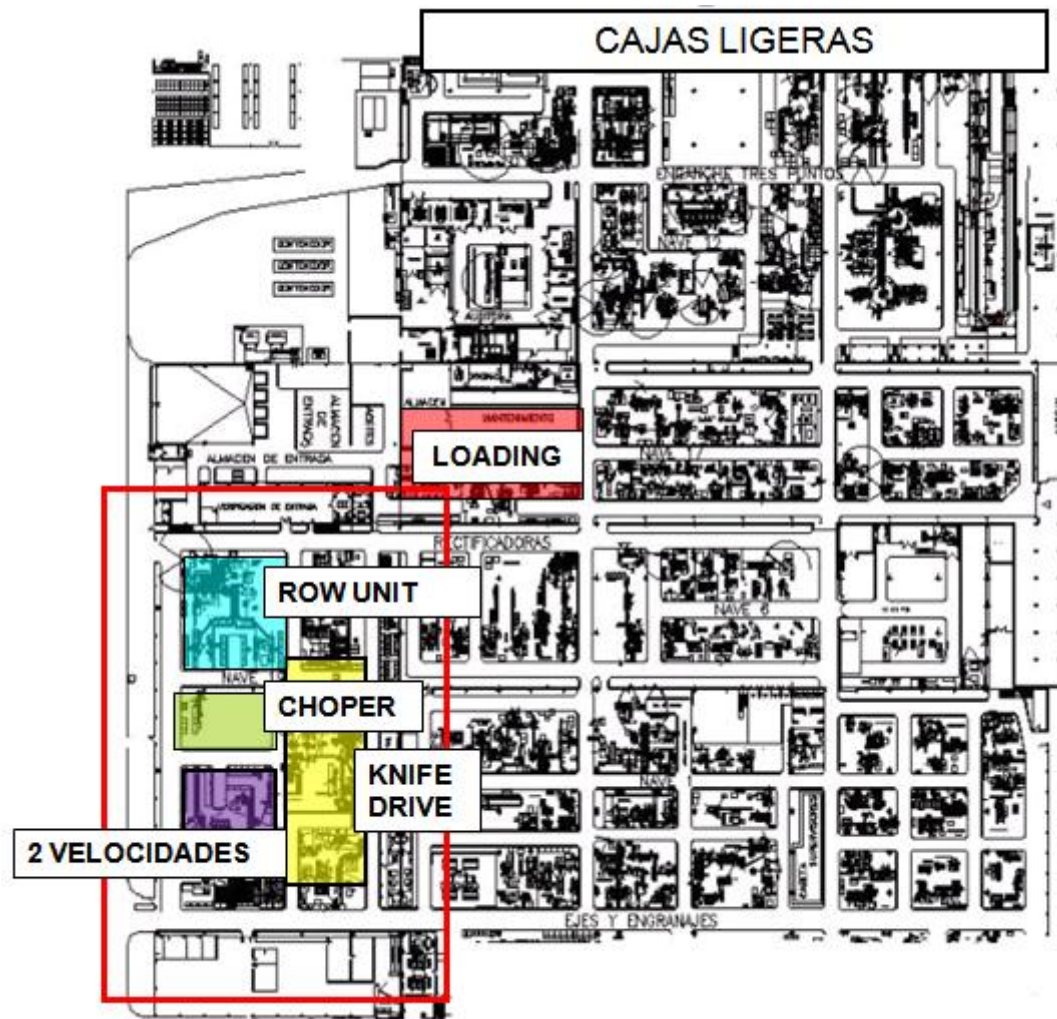


Figura 2. 14: Mapa de líneas de Cajas Ligeras.

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Capítulo 3: Marco Teórico.

Estudio y mejora de una línea de montaje
mediante Lean Manufacturing

Ismael Torres Gárate

CAPITULO 3: MARCO TEÓRICO

3.1. INTRODUCCION

El mundo industrial actual es altamente competitivo, en él se producen rápidos y constantes cambios. Las empresas deben adaptarse a estos cambios de la forma más eficiente posible, llegando incluso a anticiparse a los mismos, para poder triunfar en el mercado, ya sea adquiriendo una ventaja competitiva, incrementando su cuota de mercado u obteniendo mayores beneficios.

Estos objetivos sólo se consiguen atendiendo las principales necesidades de sus clientes que suelen ser: calidad del producto, acortar plazos de entrega, especificaciones excepcionales y bajo coste.

No es suficiente alcanzar un buen nivel de producción, sino mejorar constantemente para alcanzar nuevos y mejores procesos para lograr la excelencia en la manufactura.

El cambio es un hecho fundamental en la economía actual y futura. Este cambio ha existido siempre, pero no de una forma tan acelerada como la actual. Para sobrevivir en el mercado y obtener incluso una ventaja competitiva es necesario tener sistemas óptimos de información y análisis de los mismos.

Para realizar estas adaptaciones y cambios, el proceso de mejora continua sugiere unos cambios menores pero acumulativos, menor resistencia al cambio y costos más reducidos. En contraposición estas mejoras deben ser muy constantes y requieren de una mayor participación por parte de todo el personal, así como de un elevado nivel de disciplina.

Diversas consultoras y empresas llevan desarrollando diversos sistemas de mejora continua para adaptarlos a sus necesidades. Existen diversas metodologías y sistemas en la actualidad, aunque la mayoría de ellas se basan en los mismos principios. Algunas de

ellas son: Producción *Lean*, *Just in time* (JIT), *Toyota production system* (TPS), *Kaizen*, *Seis sigma*, etc.

Las bases de estos sistemas de producción se aplican en unos conceptos tan sencillos como eficaces:

- Reducción de Inventario.
- Mejoras de Calidad.
- Mejoras de Productividad.
- Reducción del tiempo de respuesta frente a clientes, eliminando paradas y averías e ineficiencia de procesos.
- Organización del espacio de trabajo.

Para llegar a poner en práctica esta filosofía de trabajo son muchas las herramientas a utilizar, la principal de ellas son los mapas de flujo de valor o *value stream mapping* (VSM).

Para poder aplicar una mejora continua son necesarias unas bases teóricas. Se realiza a lo largo de este capítulo un breve resumen de las herramientas que se van a utilizar. Este resumen está basado principalmente en las siguientes referencias bibliográficas, que se podrán consultar en detalle al final del proyecto:

- Observar para crear valor, cartografía de la cadena de valor para agregar valor y eliminar “muda” de Mike Rother y John Shook. Este libro es la base en todo lo referente a la realización de flujos y mapas de valor.
- *Fundamentals of flow manufacturing* de Gerard Leone y Richard D. Rahn. Este manual es la base de trabajo en John Deere.
- Además de estos libros se ha usado una gran cantidad de documentación aportada por John Deere Ibérica, S.A.

3.2. CARTOGRAFÍA DE LA CADENA DE VALOR

Una cadena de valor es el conjunto de acciones que se necesitan para mover un producto desde la demanda del consumidor hasta las materias primas que lo conforman.

Este es el conocido como flujo de producción y es donde se aplica principalmente los métodos *lean*.

Para realizar una correcta aplicación de los métodos de flujo, es necesario fijarse en todo el conjunto, no sólo en los procesos individuales para conseguir mejorar el todo, y no sólo optimizar las partes.

La cartografía de la cadena de valor resulta una herramienta muy útil por los siguientes motivos:

- Permite ver el flujo completo y no sólo los procesos de un solo nivel.
- Los mapas permiten ver las fuentes de desperdicio dentro de la cadena de valor y no sólo el desperdicio.
- Es un lenguaje común y universal para hablar sobre los procesos de fabricación.
- Manifiesta las decisiones sobre el flujo, evitando que se omitan.
- Vincula los conceptos y las técnicas lean, lo que ayuda a evitar la selección aleatoria.
- Establece las bases de un plan de ejecución.
- Muestra el enlace entre el flujo de información y el de material.

Una vez se detallen los conocimientos y términos necesarios para la realización de un mapa de valor se describirá al final del capítulo como realizar un VSM de forma detallada.

3.3. FAMILIAS DE PRODUCTOS

Una familia de productos es un grupo de referencias y/o conjuntos que requieren unos pasos similares en el proceso y equipamiento común. Estas familias definen que productos irán en las líneas de producción.

Antes de comenzar a representar el flujo es necesario enfocar los problemas sobre una familia de productos. Trazar y analizar todo lo que pueda pasar por la fábrica resulta demasiado complicado e innecesario y además no daría una idea clara. Trazar mapas de

una cadena de valor significa dibujar los pasos de la transformación para una familia de productos de puerta a puerta.

3.4. TIEMPO DE CICLO

En una línea de producción de flujo, los productos progresan a lo largo del proceso requerido según un ritmo estimado. A este tiempo se le denomina *Takt Time*.

Cuando se establece un proceso en una línea, no se puede saber con exactitud cuántas unidades de cada producto vamos a necesitar producir al día. El volumen de producción variará dependiendo de la demanda de los clientes. Sin embargo, es necesario establecer que capacidad de producción es necesaria para dichas demandas variables. Es necesario prever la producción futura para calcular los recursos necesarios y dimensionar la capacidad máxima de esa línea.

El tiempo de ciclo es una característica del proceso, no de un producto. Los procesos tienen tiempos de ciclo ó *Takt Time*, los productos tienen tiempos estándar de producción. Este tiempo es útil para:

- Calcular recursos para el proceso.
- Determinar el ritmo completo de la línea, teniendo el proceso en minutos por unidad.
- Establecer la cantidad de trabajo por estación de trabajo.

El *Takt Time* se calcula con la siguiente fórmula¹:

$$Takt\ Time = \frac{(tiempo\ de\ trabajo\ disponible\ al\ día)}{(Demanda\ de\ capacidad)}$$

¹ Formula obtenida del libro fundamentals of flow manufacturing.

3.5. TRABAJO ESTANDAR

El trabajo estándar es un concepto fundamental del flujo de proceso, establece las bases para el cálculo de recursos, balance de líneas, mejora continua, variabilidad en la producción y calidad.

En el método *Lean Manufacturing*, la creación de documentación del trabajo estándar comienza estableciendo la mejor práctica realizando un trabajo. La definición de trabajo estándar podría ser: tener como objetivo conseguir realizar un trabajo con el menor esfuerzo de tiempo y humano. Reducir el desperdicio y la energía tratando de conseguir cero defectos.

La estandarización del trabajo crea las bases para resolver imprevistos y ayuda a eliminar la variabilidad de las líneas.

3.6. *KANBAN*

La técnica de entrega de material directa en las líneas de flujo, es denominada *Kanban*. *Kanban* es una palabra japonesa que significa señal. El método *Kanban* utiliza una serie de señales para indicar que material es necesario para la producción. Suministra el material requerido en la línea y ayuda a la organización del mismo.

En lugar de usar los materiales comprados en kits según las órdenes de trabajo, producción y horarios, los materiales son entregados cuando se necesitan según reciben la señal.

La señal puede tomar diversas formas tales como un contenedor en sí mismo, tarjetas, o incluso un lugar vacío en la estación de trabajo, que necesita reponerse. En la figura 3.1. se muestra una tarjeta *kanban* utilizada en John Deere Ibérica.





ORIGEN PROVEEDOR: SLI		DESTINO MINIFÁBRICA: Cajas Ligeras LÍNEA: RIP Cajas Ligeras PREMONTAJE: RIP Cajas Ligeras ESTANTERÍA: CLRIP0204 UBICACIÓN: D2		 JOHN DEERE JOHN DEERE IBÉRICA S.A. Getafe, Spain 28905
REFERENCIA (P): CE18452  C E 1 8 4 5 2		PESO (kg): 266,4	CANTIDAD (Q): 254  2 5 4	
EMBALAJE Caja de Madera		BIN 1 de 1 Grupo: 1		
DESCRIPCIÓN ARBOL-EJE DE SAL		EMBALAJE GRUPO BIN: Caja de Madera		
CÓDIGO DE BARRAS 1002021				

Figura 3. 1: Tarjeta ejemplo *kanban*.

Estas tarjetas van colocadas en cada uno de los distintos embalajes de todos los productos que acceden a la fábrica de John Deere Ibérica, S.A. a través de su almacén interno de SLI. En ellas podemos encontrar toda la información referente al producto como:

1. Referencia del producto.
2. Origen.
3. Tipo de embalaje.
4. Descripción del producto.
5. Código de barras.
6. Número de unidades.
7. Tipo de embalaje.
8. Ubicación dentro de la fábrica.
9. Ubicación de la estantería donde se coloca.

Cuando un material se está terminando se introduce la tarjeta en un buzón. Allí es recogida periódicamente por operarios que se encargan de ir al almacén y reponerlos con la mayor brevedad posible. Todos los materiales tienen como mínimo doble tarjeta, dependiendo de su consumo para que nunca falte material.

Los beneficios del *Kanban* son muchos. Estos sistemas requieren sin embargo registros de inventario y reducir la cantidad que habitualmente se tiene en la planta de producción.

Los materiales de los proveedores son llevados a almacenes o directamente a su localización en el lugar de trabajo (en ese caso, en John Deere Ibérica, las tarjetas son distintas y el sistema de recogida de tarjetas es visual), reduciendo el material que se encuentra a mano.

El control total sobre el volumen de inventario se logra estableciendo unas cantidades fijas de reposición de *Kanban*, basados en las facturas de los productos, cantidades de material consumido en la línea, etc.

Otro elemento importante en la estrategia *Kanban* consiste en un supermercado, o una localización de inventario intermedio. La cantidad de material directamente en la línea suele ser pequeña y reponerla directamente desde el proveedor o el almacén podría acarrear muchos movimientos que no añaden valor y resultar muy costoso. El uso de supermercados tiene varias ventajas:

- Se puede controlar parte del inventario visualmente.
- El número de movimientos de material requerido se reduce drásticamente. Así mismo también se reducen las operaciones indirectas de dichos movimientos.
- Un supermercado repone rápidamente la línea. Desde que el material se encuentra en la fábrica y no en el proveedor, puede ser movido fácilmente.
- La organización del material que se encuentra en la línea puede ser mucho mayor que la que viene en contenedores.

Un sencillo ejemplo de funcionamiento a través de un supermercado se puede ver de forma esquemática en la figura 3.2., donde según se recoge el producto con su correspondiente tarjeta por parte del cliente, el proveedor recibe la información y tiene que colocar productos de nuevo.

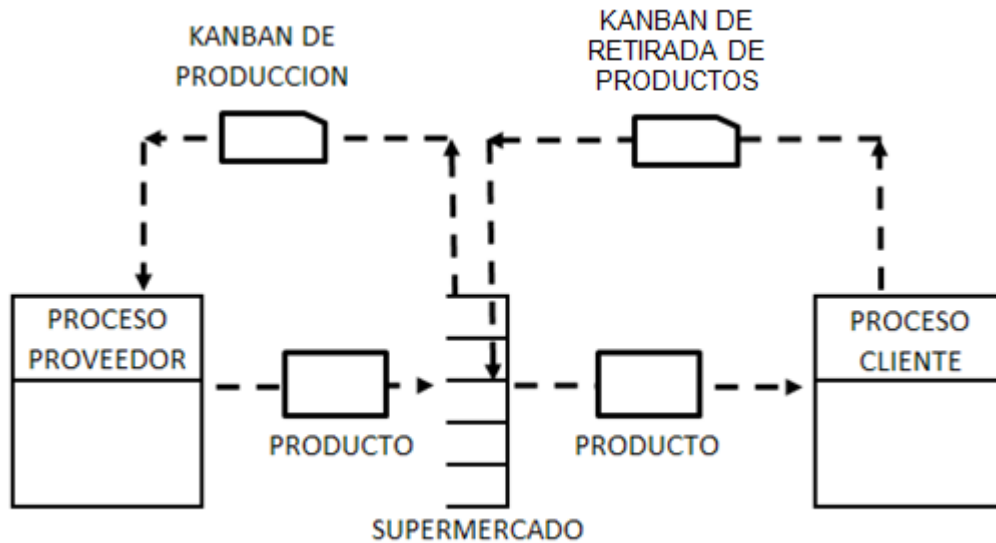


Figura 3. 2: Esquema de un sistema de supermercado.

La meta de cualquier sistema *Kanban* es mover el inventario necesario en el proceso tan rápido como sea posible. Esta velocidad está destinada a mejorar el uso de las inversiones y reducir las necesidades de capital en los negocios.

Es necesario realizar algunos estudios para establecer frecuencias y cantidades de *Kanban*. Una reposición continuada requiere tener mayor cantidad de material a mano.

El *Kanban* es una herramienta tan útil que no solo se utiliza para productos o materia prima nueva. También puede ser útil a la hora de equilibrar procesos de montaje en una misma línea de montaje. Esta variación del *Kanban* se verá en el punto 3.7. de este capítulo.

Es tentador pensar que solo con una reducción de inventario podemos conseguir reducir costes, pero con un sistema *Kanban* además establecemos una estrategia óptima entre el coste de inventario de producción real y la inversión de inventario total. Es frecuente ver como se cumple la regla del 80/20, es decir el 20% de los componentes representan el 80% de la inversión del inventario. Esto se puede reducir, disminuyendo la frecuencia de compras de dicho 20%.

3.7. HERRAMIENTAS DE EQUILIBRIO

Un equilibrio de línea es capaz de hacer fluir los productos al ritmo establecido (*takt time*) de forma que los trabajadores no tengan que esperar.

Normalmente los departamentos y centros de trabajo se agrupan según máquinas y tipos de trabajo similares. Esta agrupación ayuda con la organización, el rendimiento, presentación de informes, etc.

Los trabajos y máquinas similares son colocados juntos en un área de trabajo única para mantener una capacidad de distribución similar.

La desigual distribución de capacidad genera desequilibrios entre procesos de producción o centros de trabajo. Estos desequilibrios manifiestan excesos de inventarios entre estos centros de trabajo y son desperdicios de tiempo del proceso que generan imperfecciones.

Las líneas de flujo continuo evitan este problema de desequilibrio. Estas líneas establecen un plan sencillo de forma progresiva y secuencial, donde todos los procesos necesarios para construir un producto están físicamente juntos.

Esta colocación física de recursos es importante porque permite distribuir las tareas a lo largo de todo el ciclo de manufactura. De esta manera, el balance completa el volumen de producción en un primer proceso que puede ser directamente consumido por el proceso siguiente, reduciendo drásticamente los inventarios y tiempos de ciclo.

Esto se produce porque los procesos de manufactura son divididos en elementos con igual carga de trabajo. Sólo la cantidad de recursos necesaria son colocados en la línea de montaje.

Habitualmente los puestos de trabajo no están equilibrados por naturaleza. Para equilibrar los puestos y mejorar la producción hay que realizar algunos ajustes. Los métodos utilizados para esta labor suelen ser:

- Eliminación de desperdicio.
- Redistribución del trabajo.
- Suministro de nuevos recursos.
- *Kanban* entre procesos.
- Inventarios preventivos.
- Secuenciar los procesos.

3.7.1. ELIMINACIÓN DE DESPERDICIO

El punto de comienzo es la reducción de desperdicio en el material que no añade valor (NAV) en los distintos procesos. No todos los procesos ni trabajos añaden valor final al producto. Moviendo material de un lugar a otro, podemos reducir el tiempo de una tarea determinada en la actualidad, pero quizás pueda ser eliminada totalmente en el futuro o implementada en el siguiente proceso.

Las ventajas de este proceso son varias. En primer lugar, reducimos el tiempo que no añade valor. En segundo lugar, podemos reducir costos eliminando el tiempo de movimiento de material de un lugar a otro. En tercer lugar nuestro tiempo de producción será menor, reduciendo además los elementos entre procesos.

3.7.2. REDISTRIBUCIÓN DE TRABAJO

Una opción para obtener un mejor balance puede ser la redistribución de tareas. Esto puede ser algo tan sencillo como el mover una tarea de un puesto de montaje a otro. Puede haber una gran variedad de razones por las cuales nuestro proceso original no sea satisfactorio. Quizás nuestro proceso requiera un reajuste.

3.7.3. SUMINISTRO DE NUEVOS RECURSOS

Una tercera herramienta para conseguir un correcto balance puede ser el añadir recursos adicionales, como por ejemplo nuevas estaciones de trabajo. Como hay un costo

asociado a esta herramienta, no suele ser la primera de las elecciones a valorar, pero en algunos casos es necesaria.

Estas situaciones suelen producirse cuando, por ejemplo, existe un cuello de botella. También hay que valorar que nuevas estaciones suelen ocupan más espacio y requiere duplicar los materiales y herramientas.

Otra razón para necesitar añadir recursos puede ser el estar preparado ante variaciones del proceso. Los cálculos iniciales de recursos no tienen en consideración el impacto de la variación del trabajo a lo largo del tiempo.

3.7.4. KANBAN EN PROCESO (IPK)

El trabajo está habitualmente en desequilibrio. Para conseguir un flujo con el mínimo tiempo de desequilibrio e inventario es habitual tener que hacer algunos ajustes.

La capacidad de añadir inventarios entre máquinas o procesos puede ser una técnica poderosa. Esta herramienta es simplemente la aplicación del *Kanban* que se ha visto anteriormente dentro de la propia línea de montaje, considerando cada puesto de forma independiente como si fueran proveedor y cliente.

Normalmente se suelen utilizar en el caso de que el tiempo de trabajo de una estación sea variable, aún montando un único producto. La variabilidad de un proceso puede depender de muchos factores como el operario, la hora de trabajo, etc. Estas varianzas de tiempo suelen generar cuellos de botella.

Añadiendo pequeños inventarios entre procesos (IPK), del inglés *In Kanban Process* se puede conseguir un flujo continuo y reducir el tiempo de respuesta ante estos imprevistos.

A la hora de realizar los cálculos de IPKs, se presentan varios casos, por lo que existen varias opciones a la hora de determinar cuanto material almacenar. Estos casos son 4:

1. Opción 1: 1 IPK

El desequilibrio es mínimo y la línea presenta las siguientes características:

- flujo único.
- otra unidad permitida en terminal de trabajo.
- usado para vencer variabilidad habitual y pequeña.
- usado como una señal para trabajar o flexibilizar la línea.
- ningún desequilibrio crónico complicado.
- ninguna fórmula requerida.

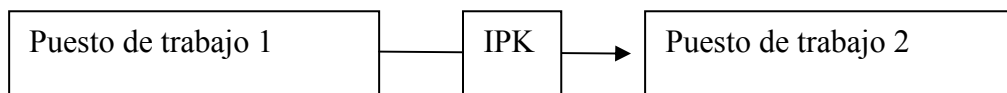


Figura 3. 3: Esquema de opción 1.

2. Opción 2: > 1 IPK

Opción utilizada si no basta con un único IPK. Esta opción se utiliza cuando:

- *Takt time* breve.
- Desequilibrios crónicos/ciclos de desequilibrio.
- Tiempos de ajuste.
- Cálculo estático.
- Tamaño dinámico.

DESEQUILIBRIO CRONICO

Cálculos de desequilibrio crónico: usado para determinar el tamaño de IPK con una máquina o proceso con un tiempo de ciclo mayor que el *takt time*. En este caso solo se puede realizar el equilibrio trabajando el tiempo adicional comparado con la operación siguiente.

Siendo:

IPK = tamaño de IPK o inventario.

Dc = Demanda de capacidad

ATc = Tiempo de ciclo promedio

He = Minutos efectivos

$$IPK = I_{crónico} \times \frac{Dc}{A}$$

$$I_{crónico} = Desequilibrio crónico = ATc - Takt$$

$$Takt = \frac{He}{Dc}$$

Ejemplo:

Una línea cuyo tiempo efectivo por operario son 420 minutos al día.

Demanda 40 unidades al día.

Existe una máquina en el medio de la línea que tiene un tiempo de ciclo medio de 11.2 minutos.

He = 420 minutos

$$Takt = \frac{420}{40} = 10.5 \text{ minutos}$$

$$I_{crónico} = 11.2 \text{ minutos} - 10.5 \text{ minutos} = 0.7 \text{ minutos}$$

$$IPK = \frac{(0.7 \text{ minutos}) \times (420 \text{ minutos})}{(10.5 \text{ minutos}) \times (11.2 \text{ minutos})} = 2.5 \text{ unidades}$$

IPK = 2.5 unidades, se realiza un redondeo al alza de 3 unidades, como cantidad restrictiva de la máquina.

DESEQUILIBRIO CICLICO:

Cálculos de desequilibrio cíclico: usado para determinar el tamaño de IPK para vencer un desequilibrio temporal causado por las variaciones de contenido de trabajo que exceden el *takt time*. En estos casos el tiempo de ciclo medio es menor que el *takt time*, pero algunos procesos tienen un contenido de trabajo mayor que el *takt time*.

Siendo:

IPK = el tamaño del IPK

C = Ciclos de desequilibrio (Máximo de sucesos consecutivos de un modelo con un contenido de trabajo mayor que el *takt time*).

He = Minutos efectivos

Dc = Demanda de capacidad

ST_{max} = Tiempo de trabajo contenido para el trabajo máximo posible.

$$IPK = \frac{I_{temp} \times C}{Takt}$$

$$I_{temp} = \text{desequilibrio temporal} (ST_{max} - Takt)$$

$$Takt = \frac{He}{Dc}$$

Ejemplo:

Una línea cuyo tiempo efectivo por operario son 420 minutos al día.

Demanda 40 unidades al día.

El *takt time* de la línea es 10.5 minutos.

En una estación en medio de la línea, existen modelos que tienen un contenido de trabajo mayor que el *takt time*. El trabajo máximo que tiene la estación son 13 minutos. Debido a las reglas de planificación, los máximos sucesos de modelos con un contenido mayor de trabajo son 3.

C = 3 ciclos

$$I_{\text{temp}} = 13.0 \text{ minutos} - 10.5 \text{ minutos} = 2.5 \text{ minutos}$$

$$IPK = \frac{(2.5 \text{ minutos}) \times (3 \text{ ciclos})}{10.5 \text{ minutos}} = 0.71 \text{ unidades}$$

IPK = 0.71 unidades, redondeadas a la máxima a una unidad.

3. Opción 3: Kanban directo

Se utiliza esta opción de igual forma que se utilizaría un Kanban de materia prima exterior. Las características para aplicar esta opción son:

- Larga distancia física.
- Recursos dedicados.
- Basado en tiempos de relleno.

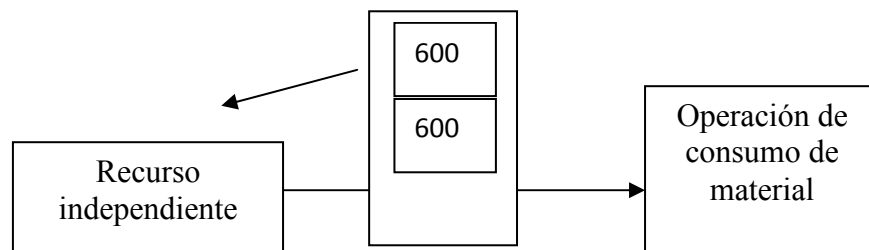


Figura 3. 4: Esquema opción 3 de IPK.

4. Opción 4: Área de Kanban RIP

El término técnico usado es RIP, que significa reposición de procesos independientes. Las características de esta opción son:

- Proceso independiente.
- Cambios entre líneas largos.
- El proceso es independiente pero compartido.

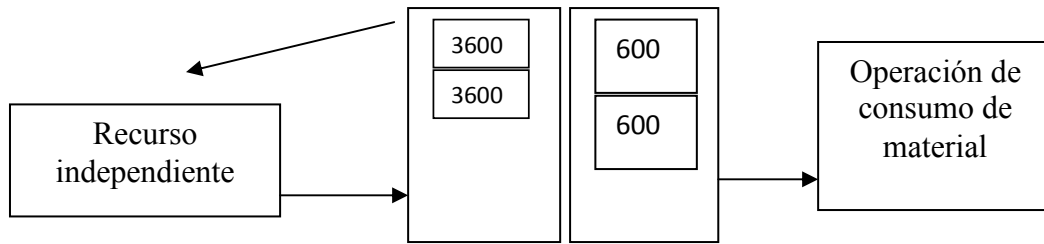


Figura 3. 5: Esquema opción 4 IPK.

Para poder beneficiarse de un inventario preventivo, este debe ser calculado en conjunción con los cálculos teóricos y del ensayo experimental. Como mezcla de estos datos se obtienen los siguientes ajustes para los IPK de la *Row Unit*.

El mejor método para calcular el número de piezas en los IPKs necesario consiste en realizar un cálculo teórico y usarlo como referencia para el ensayo y error. Añadir unidades y observar el resultado. El número de piezas en los IPKs debe ser el menor posible.

3.7.5. INVENTARIO PREVENTIVO

La idea del inventario preventivo surge de la planificación de tiempos para el mantenimiento de las distintas máquinas que intervienen en las operaciones antes de que estas fallen. Esta práctica hace que se pueda seguir trabajando cuando se produzcan estas paradas.

Tanto el *Kanban* en proceso como el inventario preventivo, están muy relacionados con el propio *Kanban*. La principal diferencia entre ellos es que en el *Kanban* intervienen proveedores externos a la propia línea de montaje. Por este motivo el inventario preventivo y los *IPKs* no se gestionan por medio de tarjetas. En John Deere, estas herramientas se gestionan o de forma visual o simplemente por el espacio destinado al almacenaje de productos intermedios.

3.7.6. SECUENCIACIÓN DE PROCESOS

En una línea multi-producto, donde más de un diseño es producido secuencialmente en la misma línea puede haber diferencias entre los tiempos de trabajo que pueden influir en el flujo continuo.

En estos casos habrá que hacer un estudio de los productos y ver los tiempos de todos ellos, para así poder equilibrar de la mejor forma posible la línea de montaje.

3.8. PRODUCCIÓN PROGRAMADA

La programación de la producción resulta relativamente sencilla una vez que se tiene establecido un sistema de flujo continuo en toda la fábrica y ya se han implantado las señales *Kanban*.

En primer lugar hay que decir que la programación está planificada, por ley, por un periodo de tiempo de 18 meses. Esta planificación se produce entre clientes y John Deere y entre John Deere y los proveedores por medio de programas informáticos. Estos programas son CWIS y SAP.

Como es evidente, la planificación a tan largo plazo va en contra de *Lean Manufacturing*. Por este motivo la planificación se reajusta mensualmente y siempre que haga falta por picos o caídas en la demanda.

Esta planificación se reajusta diariamente por medio de reuniones entre los supervisores y el encargado de la planificación. Estos ajustes se realizan observando las incidencias y las piezas producidas en el día anterior.

Los sistemas de programación tradicionales conllevan grandes periodos de tiempo realizando inventarios y comprobaciones de cantidad de material. Con las señales *Kanban* se puede realizar una comprobación del material de la línea de forma rápida y precisa.

3.9. ORDEN Y LIMPIEZA (5 S)

El concepto de 5s se desarrolla en Japón. La implantación de los conceptos que incluyen las 5s se consideran un primer paso básico para conseguir una mejora en los puestos de trabajo. Tiene como objetivo fundamental el garantizar un desarrollo del medio que permita el control de los elementos visualmente. Las 5s deben aplicarse y mantenerse como requisito para cualquier estrategia de manufactura. Estas son: *seipi*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* y *shitsuke* que significan organización, orden, limpieza, orden y limpieza estandarizada y disciplina.

- Organización (*seipi*): Retirar de la estación de trabajo todos los elementos que no son necesarios para las operaciones de producción actuales.
- Orden (*seiton*): Organización de los elementos necesarios de modo que sean de fácil acceso y etiquetarlos para que se encuentren y retiren fácilmente.
- Limpieza (*seiso*): Lavar los suelos, limpiar la maquinaria, y en general asegurar que todo permanezca limpio en la fábrica.
- Orden y Limpieza estandarizada (*seiketsu*): Estado que existe cuando se mantienen las primeras 3'S (Organización, Orden y Limpieza)
- Disciplina (*shitsuke*): Convertir en hábito el mantenimiento apropiado de los procedimientos correctos.

Los beneficios de la implantación de las 5s son varios:

- Elevar la Productividad (facilidad al encontrar el material).
- Disminuir los defectos (elimina piezas con defectos, mal identificadas).
- Mejorar los tiempos de entrega.
- Aumento y promoción de Seguridad.
- Eliminación de lo innecesario.
- Mejora comunicación y trabajo en equipo.
- Ahorro por optimización de recursos.
- Ahorro en gastos de personal de limpieza. Ejemplo: Limpieza 5 minutos, limpieza programada.
- Mejora integración del departamento: oportunidad de aportar ideas creativas.
- Reduce tiempo perdido por búsqueda de material. Ejemplo: Partes fuera de localización, herramientas sin identificación, faltantes.

- Motiva y enseña actitudes de servicio.
- Incrementa vida útil de máquinas y herramientas. Ejemplo: mantenimiento preventivo.

3.10. DISPOSITIVOS POKA-YOKE

Esta palabra proviene de dos palabras japonesas: “poka” cuyo significado es error y “Yoke” que significa prevenir. Un utensilio *Poka-Yoke* es un dispositivo que permite prevenir errores evitando que se produzcan o que sean tan obvios que sea imposible omitirlos, permitiendo corregirlos inmediatamente.

Un dispositivo *poka-yoke* permite evitar el 100% de los errores que se inspeccionan en la línea evitando que las piezas defectuosas puedan continuar su avance.

Las principales características de los sistemas *poka-yoke* son:

- Suelen ser mecanismos sencillos y económicos.
- Una vez implantados, se integran en de forma total en el proceso de producción.
- Se encuentran en el lugar donde ocurre el error, permitiendo solucionarlo rápidamente.

3.11. PASOS PARA CONSTRUIR EL MAPA DE FLUJO DE VALOR O VSM.

Antes de comenzar a construir el mapa de flujo de valor se aclararán algunos conceptos:

- Flujo de valor: son todas las acciones (tengan o no valor agregado) requeridas para llevar un producto a través de los flujos de producción y de diseño. La idea del mapa de flujo de valor es ver el conjunto y mejorarlo como tal, en vez de optimizar las partes por separado.
- Mapa de flujo de valor: Es la representación gráfica del flujo de material e información de un producto que corre desde el cliente hacia el proveedor. Así mismo, también representa la situación inicial (“current state map”) y de una situación deseada (“future state map”) a la que se quiere llegar.

Los beneficios que presenta la realización de un mapa de flujo de valor son múltiples y se enumeran a continuación algunos de ellos:

- Ayuda a visualizar mas allá del nivel del proceso en producción para poder ver el flujo completo.
- Ayuda a ver más que el desperdicio, sino también las fuentes del mismo.
- Proporciona un lenguaje común para hablar de procesos de manufactura.
- Ayuda a tomar decisiones sobre el flujo que de otra forma no se perciben.
- Forma la base para el plan de implementación “*Lean*”.
- Muestra la relación entre flujo de información y de material.
- Es mas útil que un *layout* y otras herramientas cuantitativas que discriminan información importante para conocer el flujo de material e información.

Los pasos para construir el mapa de flujo de valor o VSM se resumen en 4:

1. Seleccionar una familia de productos.
2. Dibujar el “current state” o estado inicial.
3. Plantear el “future state” o estado futuro al que se quiere llegar.
4. Preparar un plan de implementación y comenzar a trabajar en él.

Para poder realizar los mapas es necesario estar familiarizado con los iconos que se muestran a continuación en la figura 3.3. y que representan distintos procesos, flujos y otras informaciones.

Una vez que tenemos definida la familia de productos sobre la que se quiere trabajar se procede a la recogida de datos. Para recoger los datos necesarios para construir el VSM es necesaria la colaboración de varios departamentos como son: planificación de ventas, logística, producción, compras e ingeniería de manufactura y mantenimiento.




















SIMBOLOS DE VSM		
ICONO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
	Fuentes externas	Representa a los clientes y/o proveedores
	Proceso de Manufactura	Puede representar procesos, operaciones, maquinas, etc.
	Casilla de datos	Icono utilizado para el registro de datos de procesos.
	Inventario	Indica lugares donde se acumula el inventario.
	Inventario de seguridad	
	Envíos de material	Nos indica movimiento de material entre fuentes distintas. Por transporte terrestre.
	Envíos de material	Nos indica movimiento de material entre fuentes distintas. Por transporte terrestre.
	Envíos de material	Movimiento de material por transporte marítimo.
	Flecha de Empuje	Movimiento de material que se produce y empuja.
	Envíos de material	Representa envíos de material o productos terminados.
	Supermercado	Inventario controlado de piezas
	Transferencia de Material	Flujo controlado de material entre procesos.
	Flujo Información	Movimiento de información electrónica.
	Flujo Información	Movimiento de información.
	Kanban de producción	Las líneas punteadas representan Kanban de material.
	Nivelación carga	Herramienta para equilibrar el volumen de producción.
	Explosión kaizen	Ideas o Mejora posibles en el VSM futuro
	Operario	Operario.
	Información	Representa cualquier tipo de información.

Figura 3. 6: Símbolos de VSM.

3.11.1. ESTADO INICIAL

El estado actual nos representa como se encuentran los procesos en el momento actual. Para comprender mejor como se realiza un VSM, se pondrá como ejemplo una unidad de JDISA.

Para comenzar a dibujar hay que seguir los siguientes pasos, empezando con la representación del flujo de material.

1. En primer lugar se representan las necesidades del cliente. La planta ensambladora del mismo se representa en la esquina superior derecha de nuestro mapa. Ver punto uno en la figura 3.4. Ya se tienen todos los datos de comunicación entre el cliente y la organización aunque se representarán posteriormente.
2. En segundo lugar representamos los procesos de producción. Para indicar un proceso se utiliza una caja de proceso, estas cajas se señalan en la figura 3.4. con el símbolo 2. Las cajas de proceso se sitúan normalmente una detrás de la otra si los procesos son consecutivos. Si los procesos se producen en paralelo, se representan uno encima de otro. En este ejemplo se representan 3 cajas de procesos en serie, dos de ellos productivos y un tercero de expedición.
3. Debajo de cada una de las representaciones se coloca una caja con la información requerida para el análisis de todos los procesos así como para la visualización directa de los mismos. En esta caja se encuentra toda la información necesaria para la realización del mapa de valor. Estas cajas de información se marcan en la figura 3.4. con el número 3.

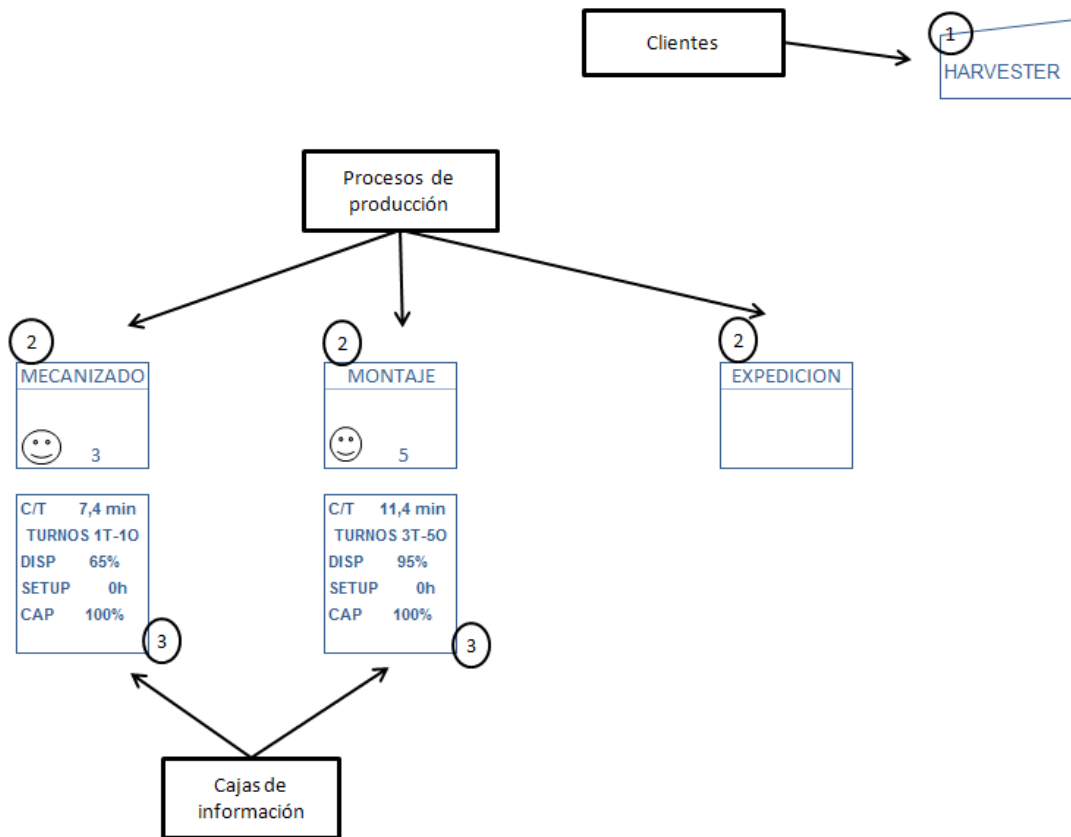


Figura 3. 7:VSM_LOADING_1.

4. Junto con los procesos representamos los puntos de acumulación de material o inventario, estos son los puntos donde el material deja de fluir. Estos puntos de acumulación se ven en la figura 3.5. con los números 4 y 5. Estos puntos son representados con iconos triangulares. Además se distingue el material principal que se almacena y se incluye su referencia.

En la figura 3.5. se puede observar dos tipos de almacenamiento uno preventivo o de seguridad, marcado con el número 5 en la dicha figura, y otro de almacenamiento real de stock.

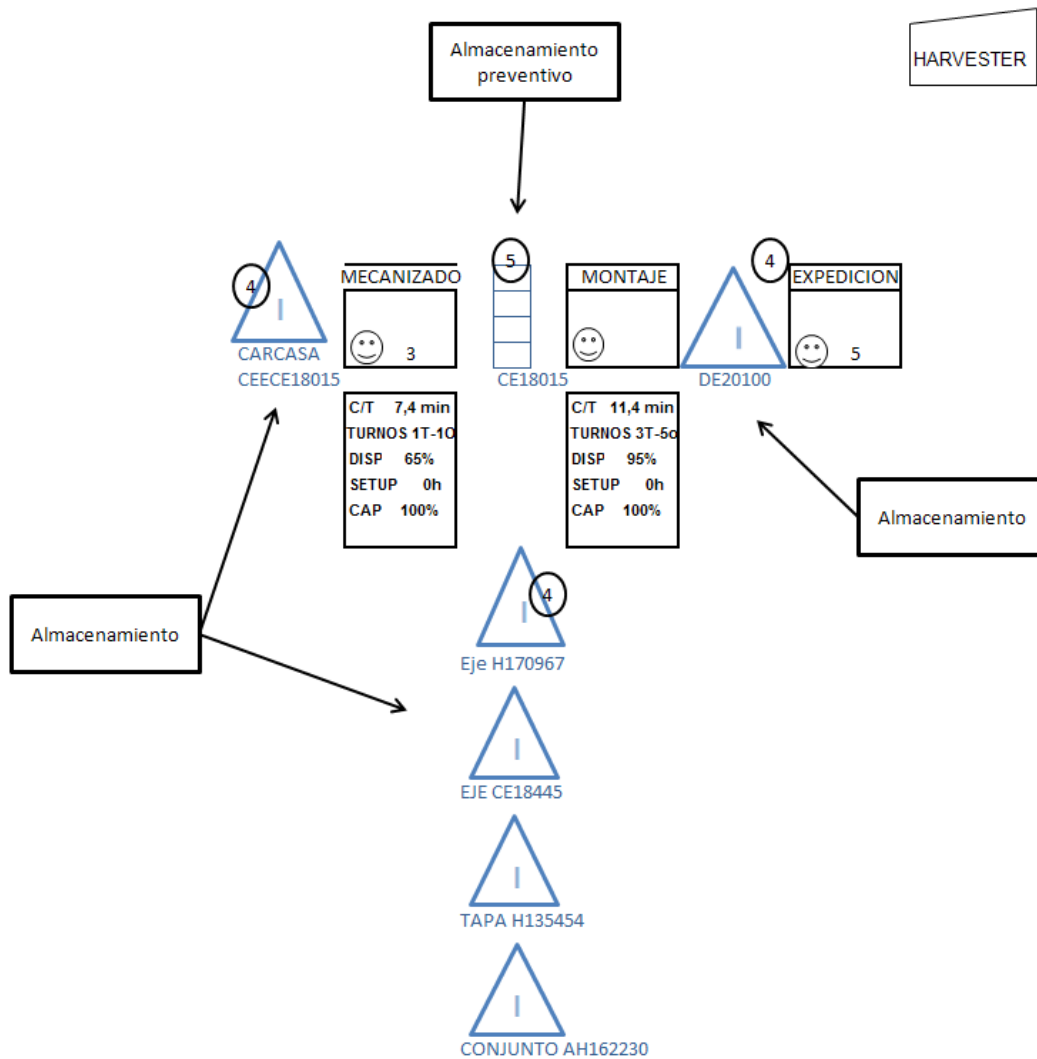


Figura 3. 8: VSM_LOADING_2.

- Representación de proveedores, entrada y salida de material. Hay que representar el flujo de materiales desde el almacén de la planta hasta el cliente y desde los proveedores (marcados con el número 6 en la figura 3.6.) a la línea de montaje.

En John Deere Ibérica existen dos sistemas de flujo de material. Existe un almacén en el complejo de la fábrica denominado SLI (representado con el número 7 en la figura 3.6.). Una primera forma es que el material se lleve directamente allí por parte de los proveedores y SLI los reparta a las líneas. Otra opción existente en John Deere, aunque no en este ejemplo es que los proveedores lleven directamente el material a la línea de montaje.

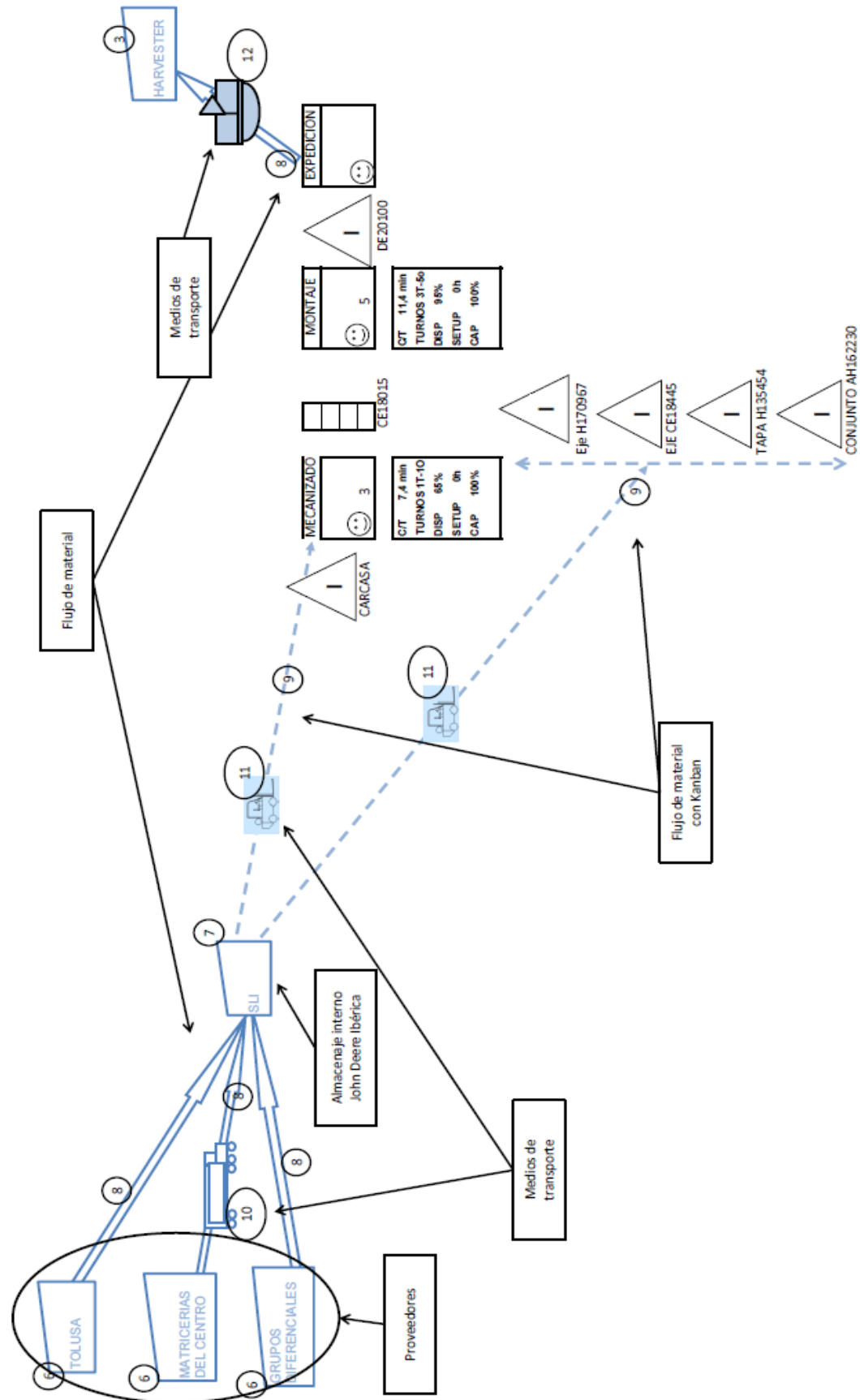


Figura 3. 9: VSM_LOADING_3.

En la figura 3.6. se puede observar el flujo de material representado por distintas flechas. Las continuas marcadas con el número 8 representan envíos de material. Las discontinuas y marcadas con el número 9 representan envíos de material mediante *Kanban*. Además se representa también el modo de envío de material con los iconos 10, 11 y 12.

6. Relación entre procesos. La relación entre procesos puede darse de modos diferentes. Modo “Pull”: crea únicamente lo que es necesario sin inventario. Modo “Push”: el proceso continúa aunque no se requieran más unidades, creando inventario. En la figura siguiente (3.7.), se observan con el número 13, dichos sistemas.
7. Representación de los flujos de información y el modo en que se producen. En el ejemplo se muestran tres flujos de información. Representado con el número 14 se muestra la información entre la dirección de la producción y los clientes y proveedores. Con el número 15, se muestra la comunicación entre la planificación de la producción, supervisores y línea de montaje. Finalmente, con el número 16, se muestra la comunicación mediante buzones *Kanban*.

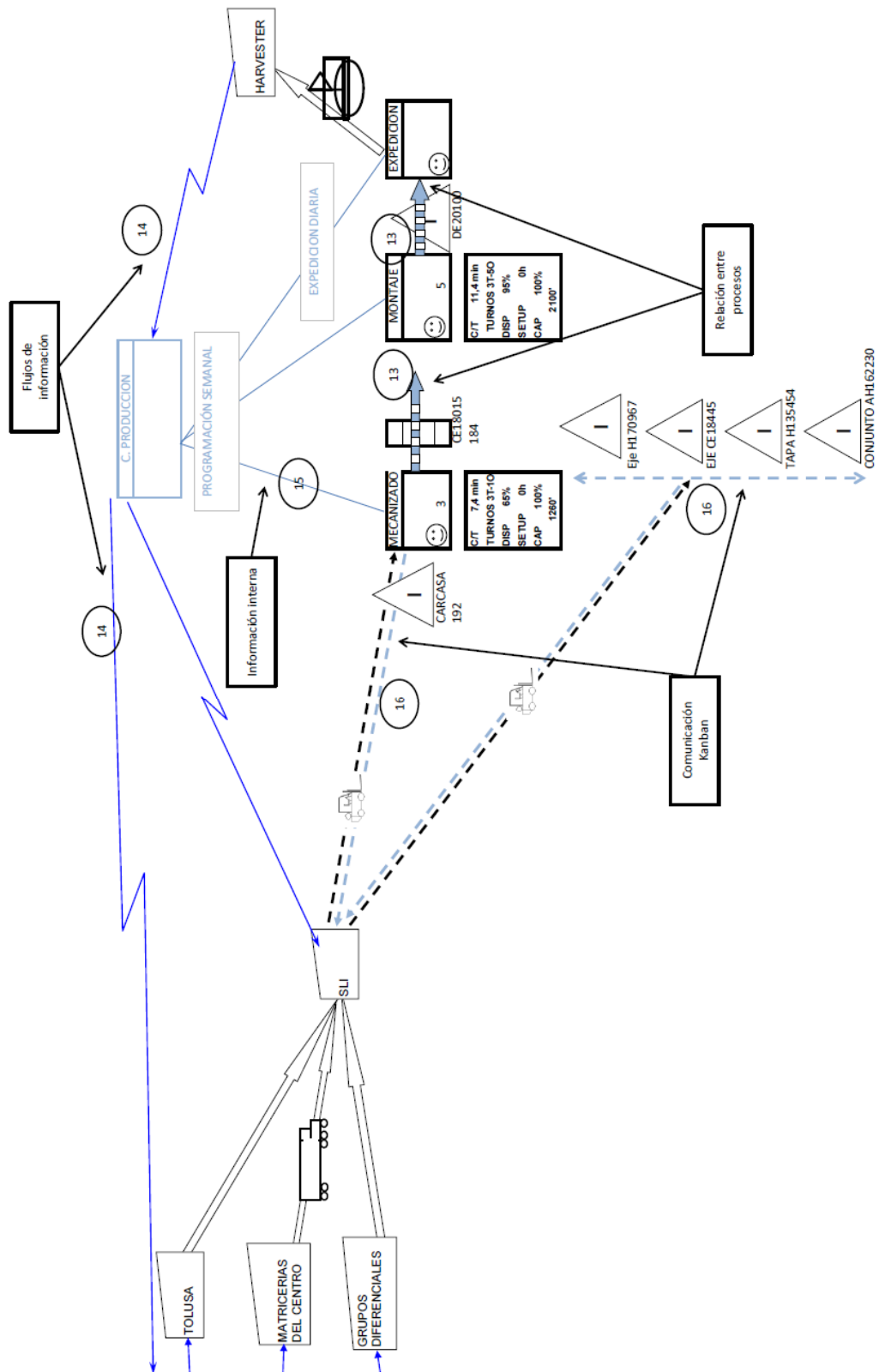


Figura 3. 10: VSM_4

8. Cada mapa llevará una representación del tiempo total que añade valor, así como del tiempo total del proceso. Estos tiempos son el resultado final de todos los

datos que van a influir y que se van a analizar en el VSM. En la figura 3.8. se observan finalmente el tiempo que añade valor, VAT visto como 17 y el que no lo añade, número 18 y es fuente de desperdicio NAV. Los cálculos necesarios se detallarán en la línea final de estudio.

Se remarca además la zona sobre la que se va a poder trabajar desde producción, número 19 en la figura 3.8.

9. En el mapa de valor se representa toda la información que se considere necesaria. Es importante que aparezca la fecha en la que se realiza, así como el responsable. Número 20 en la figura 3.8.

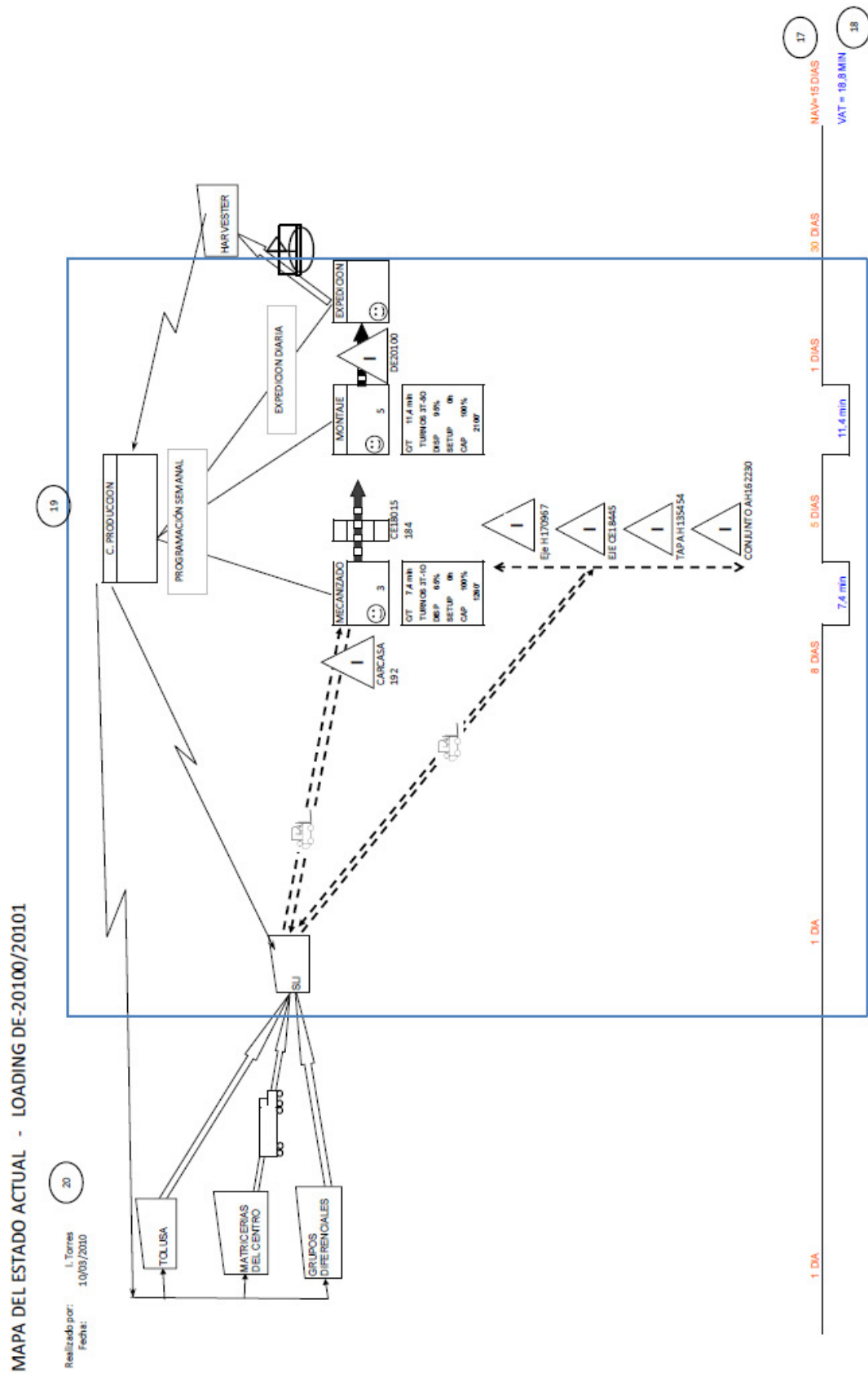


Figura 3. 11: VSM_LOADING_5

El resultado final se muestra en la figura 3.9. donde se puede ver el funcionamiento global de todo el proceso.

En primer lugar se lleva una planificación de los productos demandados por parte del cliente. A su vez, y en base a esta demanda, hay que ponerse en contacto con los proveedores. Esta comunicación se produce de forma informática por medio del programa CWIS.

Los proveedores tardan un día en servir la materia prima, que es llevada al almacén de SLI. Por medio de la comunicación a través de los buzones *Kanban* y de la gente encargada de logística se sirve el material directamente a la línea.

La línea consta de dos puestos independientes. Un primer puesto donde se mecaniza la carcasa CEECE18015. Las carcasas mecanizadas son empujadas al siguiente puesto. En el puesto de montaje se recoge el material necesario para conseguir la caja final.

En un día se consigue llenar un contenedor que es enviado al cliente según su demanda. El tiempo en llegar al destino del contenedor es de 30 días.

3.11.2. ESTADO FUTURO

Una vez que tenemos el estado actual habrá que imaginar como sería un estado ideal según los principios del *Lean Manufacturing*, para identificar cambios que pudieran ser susceptibles de aproximar el sistema real hacia un estado ideal.

Su finalidad es dar evidencia a las fuentes de desperdicio y crear un plan con fechas para eliminarlas a corto o medio plazo.

En resumen, el objetivo a conseguir es configurar la cadena de valor de forma que cada proceso fabrique sólo lo que necesita el proceso siguiente. Se trata de conseguir conectar los procesos desde el cliente hasta los proveedores a lo largo de un flujo continuo y uniforme que favorezca los plazos de entrega menores, una mayor calidad y un coste mínimo.

Para conseguir estos objetivos hay que seguir los siguientes pasos:

1. Fabricar al tiempo de ciclo de producción (*Takt time*)
2. Crear flujo continuo: hay que evitar el almacenamiento de inventario siempre que sea posible.
3. Establecer un supermercado donde sea posible controlar el flujo y detenerlo y/o donde nos sea posible, crear un flujo continuo.
4. Programar la producción en función de la demanda del cliente.
5. Nivelar la producción.
6. Establecer las mejoras para mejorar el flujo del estado futuro.

A continuación se muestra en la figura 3.10., la realización del mapa de valor futuro a partir del actual.

Surgen 4 proyectos de mejora en la línea estudiada:

- Dos de ellos referentes a reducción de inventario, consistente en reducir el stock de material concretamente de carcasas (de 8 a 4 días) y el material entre puestos (de 5 a 3 días).
- Un tercer proyecto referente a la organización de logística, consistente en una mayor velocidad de respuesta de cara a transportar el material del almacén de SLI a la línea (de un día a ½ día)
- Por último un proyecto referente al proceso de montaje, consistente en pasar parte del montaje del puesto 2, al tiempo inerte (tiempo máquina) del puesto 1.

Estos proyectos deben aparecer junto a un responsable de los mismos y una fecha límite de implantación.

Con estas mejoras se pretende conseguir una reducción de 6,5 días en el tiempo de valor no añadido y casi dos minutos por pieza producida.

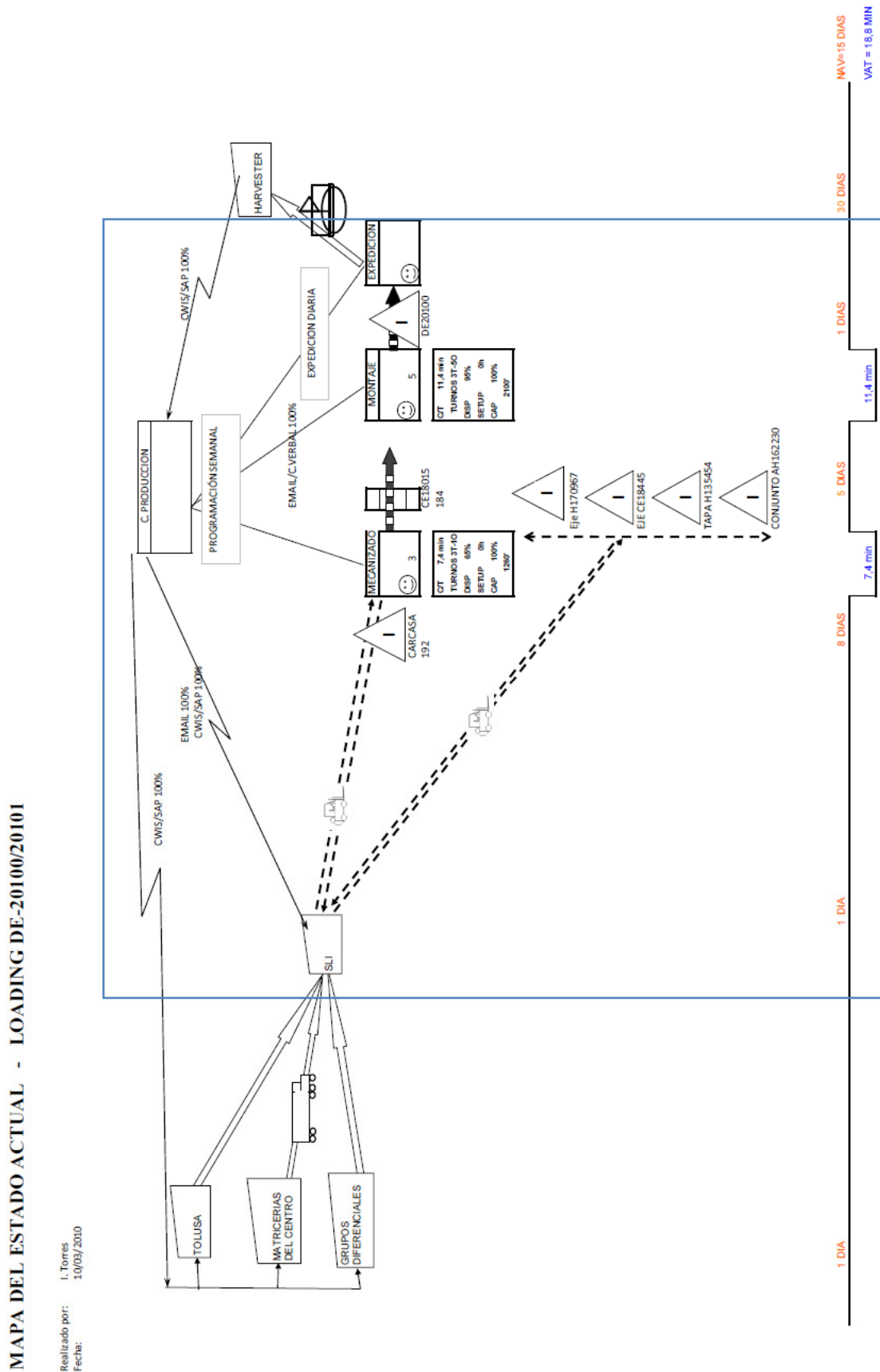


Figura 3. 12: VSM_LOADING_CURRENT_STATE.

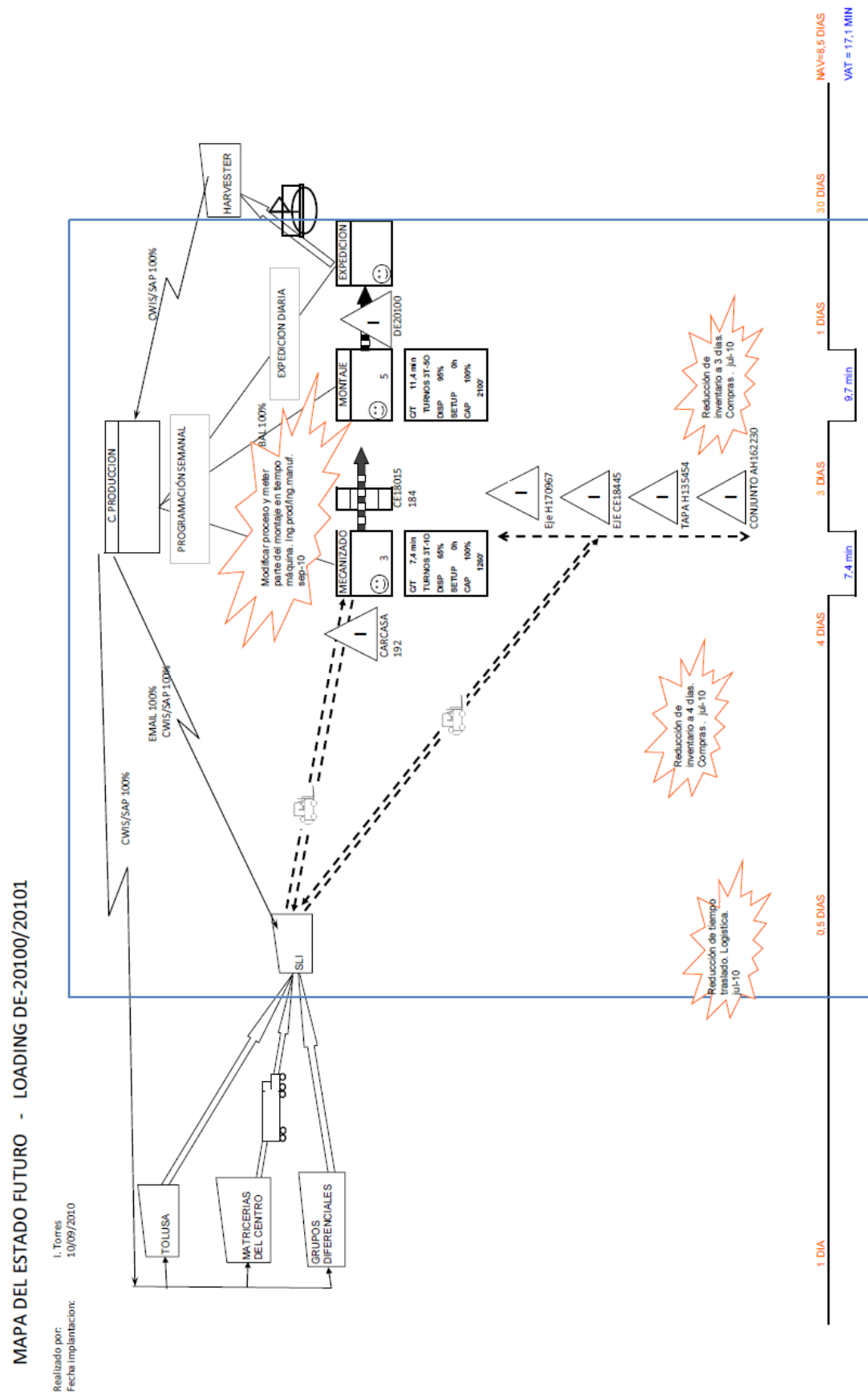


Figura 3. 13: VSM_LOADING_FUTURE_STATE.

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Capítulo 4: Situación Inicial John Deere Ibérica y Cajas Ligeras

Estudio y mejora de una línea de montaje
mediante Lean Manufacturing

Ismael Torres Gárate

CAPITULO 4: SITUACIÓN INICIAL DE JOHN DEERE IBERICA Y CAJAS LIGERAS

4.1. SITUACION INICIAL DE JOHN DEERE IBERICA. NIVEL 1.

En la fábrica de Getafe se lleva aplicando progresivamente el proceso de *Lean Manufacturing* desde el año 2.006. En este año comenzaron a dibujarse los primeros mapas. Al año siguiente el uso de mapas se extiende por distintas áreas de la fábrica. Entre los años 2.008 y 2.009 se estandarizan los mapas y estos se realizan de forma más detallada. En este año se realizan análisis detallados de los siguientes aspectos:

- Programación y planificación.
- Logística.
- Realización de pedidos.
- Entrega de pedidos.

En el año actual se pretende tener analizadas todas las líneas de la factoría y homogeneizarlas al formato A3F.

Un primer esquema de John Deere Ibérica es el que se muestra a continuación. En la figura 4.1 se puede ver de forma muy genérica un mapa de valor de la empresa.

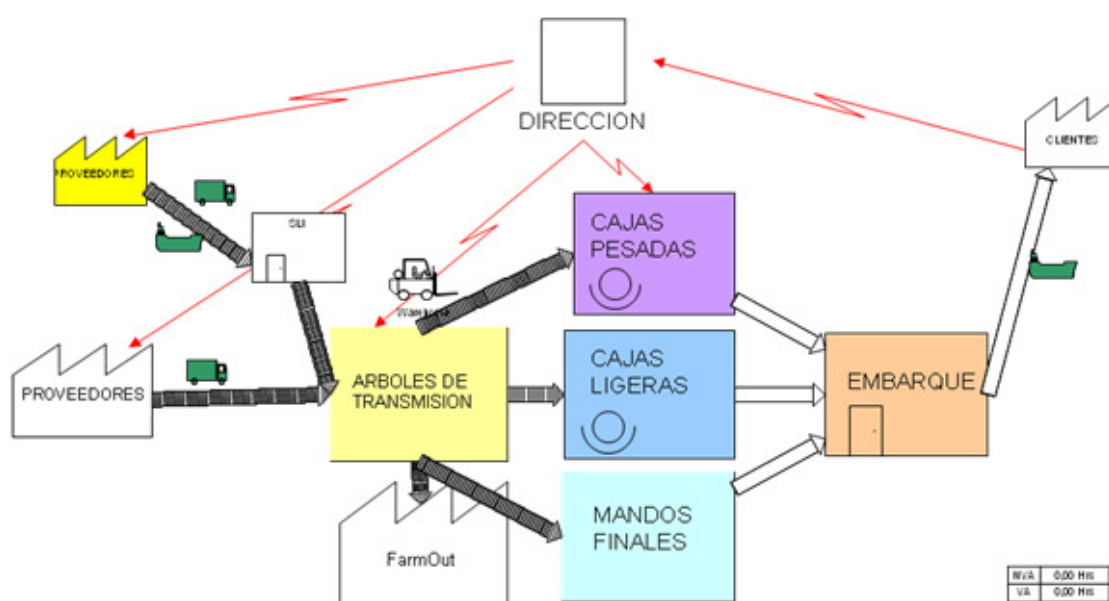


Figura 4. 1: Esquema JDISA

Los clientes y proveedores se engloban en un único bloque y la fábrica se ve representada en los 4 bloques vistos anteriormente: arboles de transmisión (ejes y engranajes), cajas pesadas, cajas ligeras y mandos finales.

Debido a la implantación progresiva del sistema *Lean Manufacturing* algunas de las herramientas descritas anteriormente ya se encuentran desarrolladas y aplicadas en muchas partes de John Deere Ibérica.

La representación de los mapas de valor se puede realizar a varios niveles distintos. El primer nivel contempla toda la fábrica con la representación de los clientes y los proveedores, este nivel se ve representado de forma aproximada en la figura 4.2.

En el mapa se detallan todos los productos y se puede ver los tiempos de pedido y de respuesta habituales de entrega de material a los almacenes de John Deere en España. De estos almacenes, el primero es

Alovera, donde se recibe todo el material proveniente principalmente de proveedores extranjeros. El segundo almacén se encuentra en la propia fábrica y como se ha mencionado antes se denomina SLI.

En este nivel también se representan las distintas divisiones de la factoría y sus tiempos de respuesta de producción.

Finalmente apreciamos el tiempo de transito desde que se embarcan los productos hasta que llegan a los proveedores, que pueden ser europeos o americanos.

También se pueden observar en la figura 4.2. algunas fábricas dedicadas a la fabricación de componentes para la compañía.

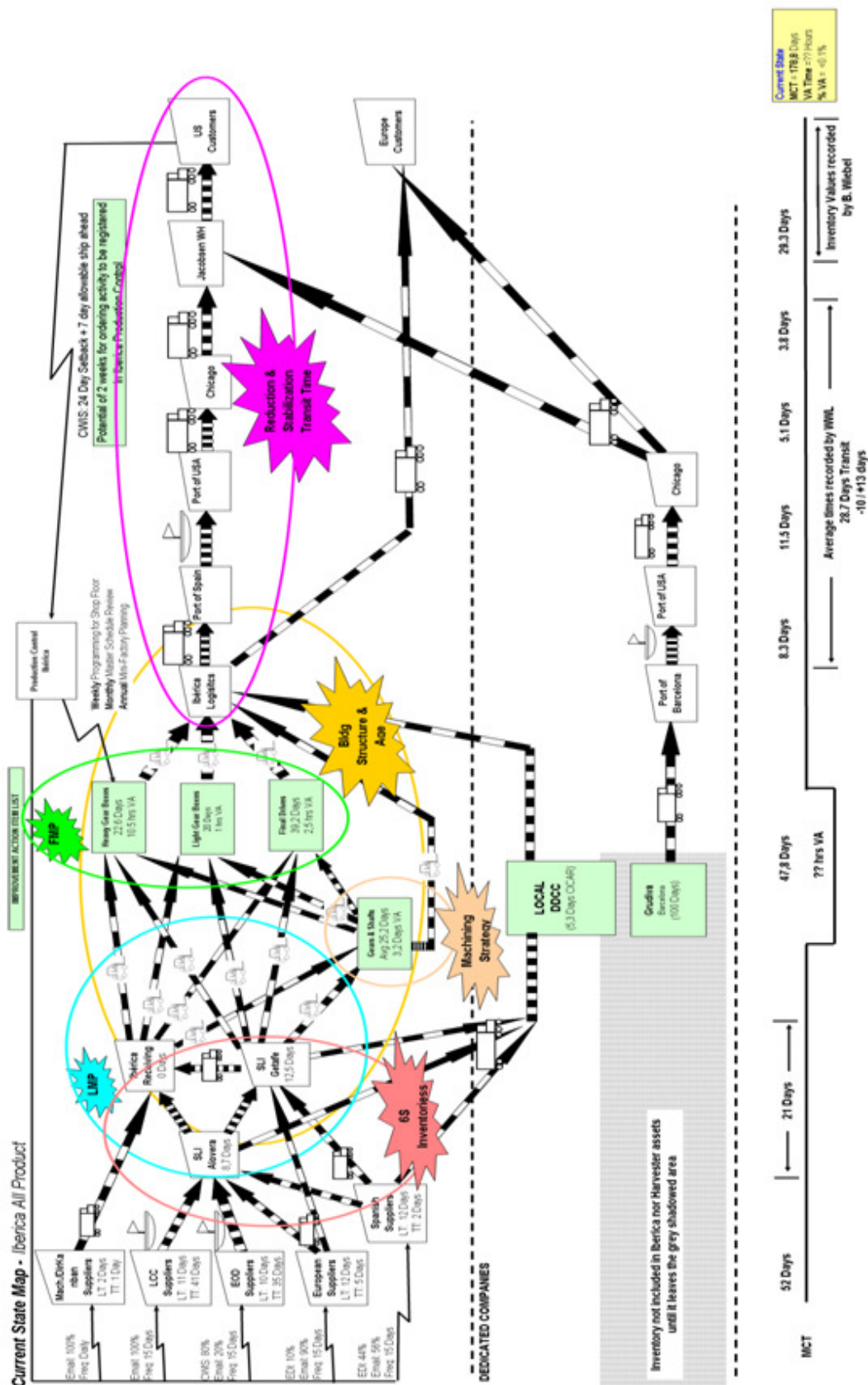


Figura 4. 2: VSM JDISA

4.2. SITUACIÓN INICIAL MINIFÁBRICA CAJAS LIGERAS. NIVEL 2.

En la representación del mapa de flujo de valor de nivel 2 se esquematiza un resumen de todas las líneas que componen la minifábrica. En este caso se van a representar las cinco líneas principales de Cajas Ligeras. Estas son conocidas como *Loading/Unloading*, *Knife Drive*, 2 Velocidades, *Chopper* y *Row Unit*. Estas cinco líneas son capaces de montar todas las referencias de las 6 principales cajas.

Para realizar este nivel es necesario haber realizado previamente los niveles 3 que se detallarán posteriormente. El mapa del nivel 2 que se observa en la figura 4.3. representa un resumen de todas las líneas estudiadas. En él se pueden apreciar los siguientes datos:

1. A nivel de producción se hace distinción en tres grupos principales: mecanizados (ver número 1 en la figura), montajes (ver número 2 en la figura) y pintura (ver número 3 en la figura). En el interior de las cajas se puede comprobar toda la información necesaria de los procesos descritos.
2. Se puede observar también los clientes con los tiempos de entrega (número 4 en la figura).
3. En el grupo de los proveedores se distinguen las distintas zonas de procedencia así como los almacenes hacia donde se dirige la materia prima (número 5 en la figura).
4. En la parte superior se encuentra la dirección y organización representada con el número 6.
5. Para representar la información total se puede observar marcadas con el número 7 en la figura 4.3. las líneas de tiempo y los datos obtenidos. Se representa como dato final la línea con los tiempos más restrictivos, en este caso la *Knife drive*.
6. Finalmente en los recuadros marcados con color naranja podemos ver los planes de mejora.

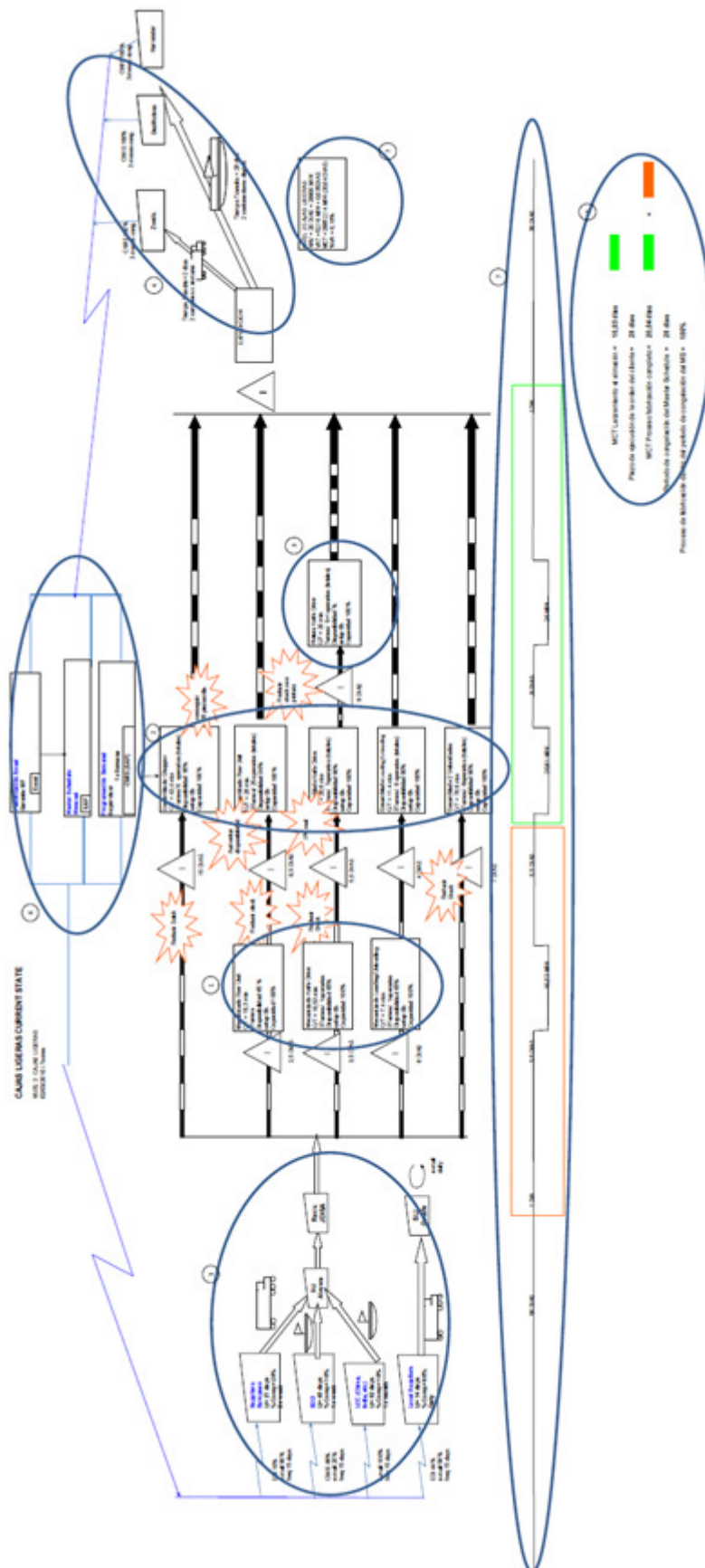


Figura 4. 3: VSM_Nivel_2_Cajas_Ligeras.

Como se ha podido ver, el nivel 2 es sólo un resumen de lo que ocurre en la línea de montaje. Es por ello que para la realización de este nivel es necesario haber realizado previamente el nivel 3. Es en este nivel donde se puede trabajar realmente con la organización, optimización y mejora de los procesos. El método práctico de la realización del nivel 3 de las líneas ha sido explicado en el capítulo 3 y será visto en detalle en el capítulo 6.

A continuación se mostrará en la figura 4.4. un plano de la minifábrica con detalle de la distribución de la minifábrica. Existen pasillos de seguridad y paso entre las líneas de montaje, que facilita la distribución de material. Además existen ubicaciones específicas para la colocación de material, tanto dentro de la línea como fuera de ella. El material además debe estar colocado cerca de los pasillos para que el carretillero pueda acceder desde los pasillos para colocar todas las referencias. Todas las estanterías están identificadas para una correcta colocación de los materiales.

Se puede observar la situación de las líneas de montaje indicadas en dicha figura.

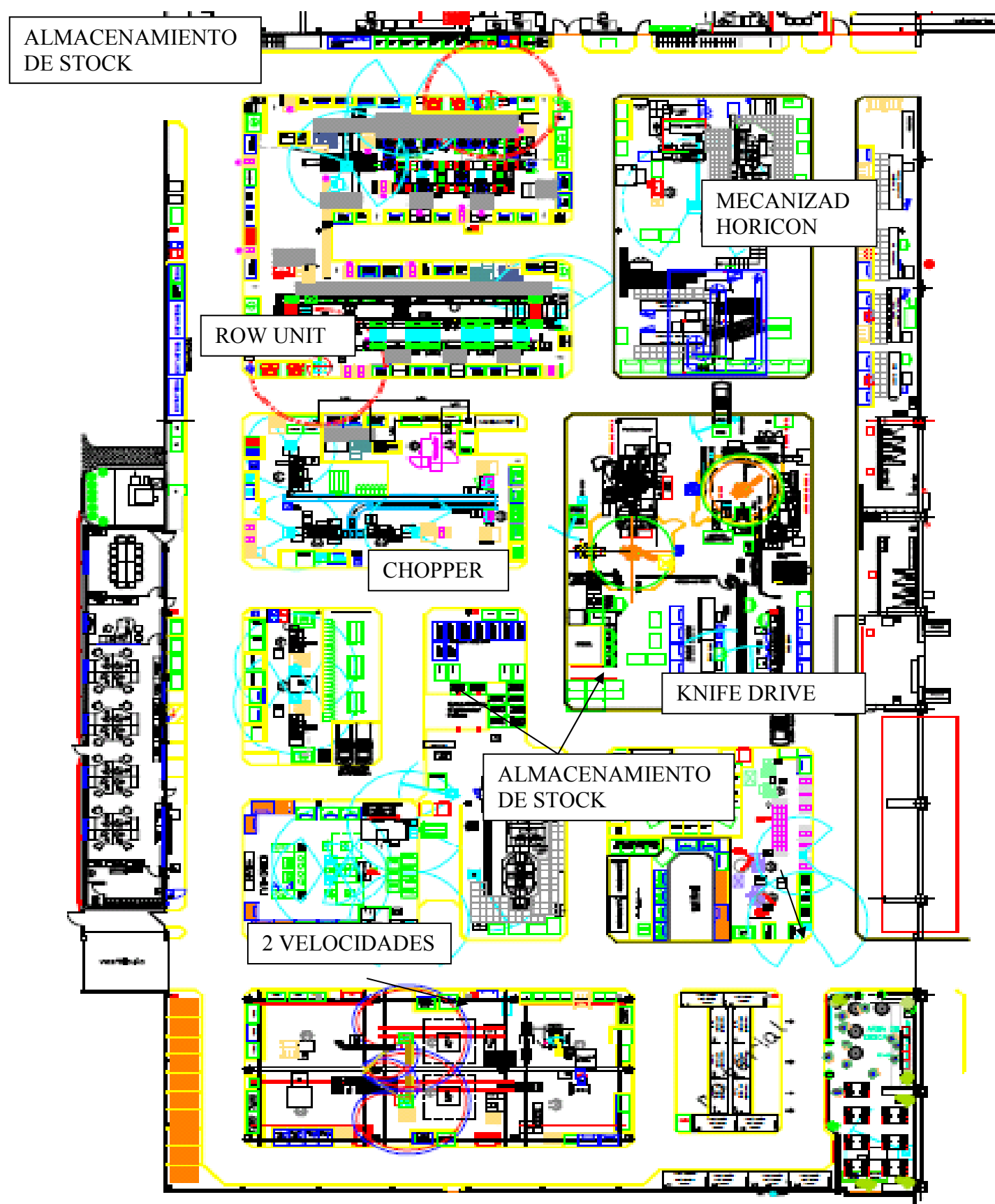


Figura 4. 4: Distribución de líneas en cajas ligeras.

4.3. INTRODUCCION AL NIVEL 3.

Siguiendo las directrices dadas en el capítulo anterior se procede a seleccionar una familia de productos con la que trabajar. Dentro de las piezas que se producen en la minifábricas se seleccionan cinco de las líneas por ser los más restrictivos (tienen los mayores tiempos de producción). Estas líneas son: 2 Velocidades, *Loading/Unloading*, *Chopper*, *Row Unit* y *Knife Drive*.

De las piezas seleccionadas todas tienen su propia línea de montaje donde únicamente se realizan distintas referencias de este producto, salvo la línea de la *Loading/Unloading* donde se realizan varias referencias de estas cajas de cambios.

Una vez definido las unidades sobre las que trabajar se procede a la información y recogida de datos sobre las distintas líneas de montaje y piezas. Todo el proceso de realización de VSM se detalla en los dos próximos capítulos, pero se presenta a continuación una breve descripción de los pasos realizados.

En primer lugar, se analiza con el ingeniero de producción y se estudian los planos de los productos así como los procesos de montaje. Este estudio previo es fundamental para luego saber con qué productos se está trabajando y estar familiarizado con los mismos. En esta parte del estudio se pueden observar todas las piezas que intervienen en el montaje y que van a influir en los tiempos del MCT.

En segundo lugar, se comprueba con los supervisores in situ para que vea la línea de montaje a estudiar. Los supervisores serán los encargados de aclararnos cualquier tipo de duda que pueda surgir sobre las operaciones que se producen en las líneas, recursos humanos que se están utilizando en cada puesto y metodología de montaje, principalmente.

También es necesario conocer al ingeniero de tiempos para estudiar los tiempos estandar de los procesos, donde se encuentran, su interpretación, etc.

Para todo el tema relacionado con stocks, proveedores hay que ponerse en contacto con el departamento de compras tácticas y estratégicas y los responsables de logística. Ellos serán los encargados de dar los tiempos que tardan los proveedores en suministrar el material, según los acuerdos comerciales.

Con estos datos se procederá a realizar el VSM de la línea final.

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Capítulo 5: Descripción del proceso y de la línea de montaje Row Unit

Estudio y mejora de una línea de montaje
mediante Lean Manufacturing

Ismael Torres Gárate

CAPITULO 5: DESCRIPCION DEL PROCESO Y DE

LA LINEA DE MONTAJE DE ROW UNIT

5.1. INTRODUCCION

Para realizar los mapas de valor es importante conocer el producto que se está realizando, así como las piezas que lo componen y su proceso de fabricación. Por este motivo se describirá el funcionamiento de una cosechadora resaltando las partes que la componen y entre ellas la caja de engranajes de la *Row Unit*.

5.2. FUNCIONAMIENTO DE UNA COSECHADORA

Tradicionalmente la recolección del grano se ha realizado de forma manual con ayuda de hoces. Posteriormente se llevaba el grano a la era para realizar la trilla.

Hoy en día la maquinaria agrícola ha sufrido un gran avance tecnológico, de forma que una sola cosechadora es capaz de realizar las mismas funciones que antes realizaban las cuadrillas de recolectores.

En la actualidad la mayoría de las cosechadoras utilizadas son las autopropulsadas que dada su versatilidad están capacitadas para recoger casi cualquier tipo de cultivo como pueden ser cereales (trigo, cebada, avena, centeno maíz, etc.). Otros tipos de cultivos de grano (como girasol, colza o soja), además de leguminosos (lentejas, garbanzos, yeros, etc). Para poder cambiar de producto, únicamente habría que cambiar sencillamente el cabezal de corte.

El sistema de John Deere, presenta un módulo responsable para la trilla y separación (rotor) dividido en tres secciones: de alimentación, de trilla y de separación. Cada sección presenta un diámetro diferente, haciendo que éste rotor quede descentrado con relación al cóncavo, lo que disminuye el daño provocado al grano.

A continuación se describirá un proceso de recogida de cereal relacionándolo con algunos de los componentes que se fabrican en John Deere Ibérica, S.A.

Hay dos tipos de cabezales:

- 1.) Los de cereal pequeño (trigo, cebada,...) en los cuales un molinete hace las funciones de peine para posicionar las espigas de cereal en posición óptima para que una barra de corte separe espiga y tallo de la raíz.
- 2.) Los de cereal grande (maíz, trigo) y otros cultivos (girasol, colza,...) en los cuales el sistema arrancador consiste en dos rodillos que giran en sentido opuesto. Los tallos son dirigidos hacia los rodillos por cadenas con patillas denominadas cadenas de alimentación. Estas son las encargadas de acercar las plantas de forma recta y alineada y cortarlo una vez que entra dentro de los rodillos dirigiéndolos al alimentador. Estas unidades en las cosechadoras John Deere son denominadas *Row Unit*, y se pueden apreciar en la figura 5.1.

Solidaria a la *Row Unit* se encuentra la Chopper (ver figura 5.1.). Esta es una caja situada cerca del suelo y es la encargada de cortar el tallo de la planta, en el caso de querer aumentar la velocidad de recolección (esta es una caja opcional en el cabezal).

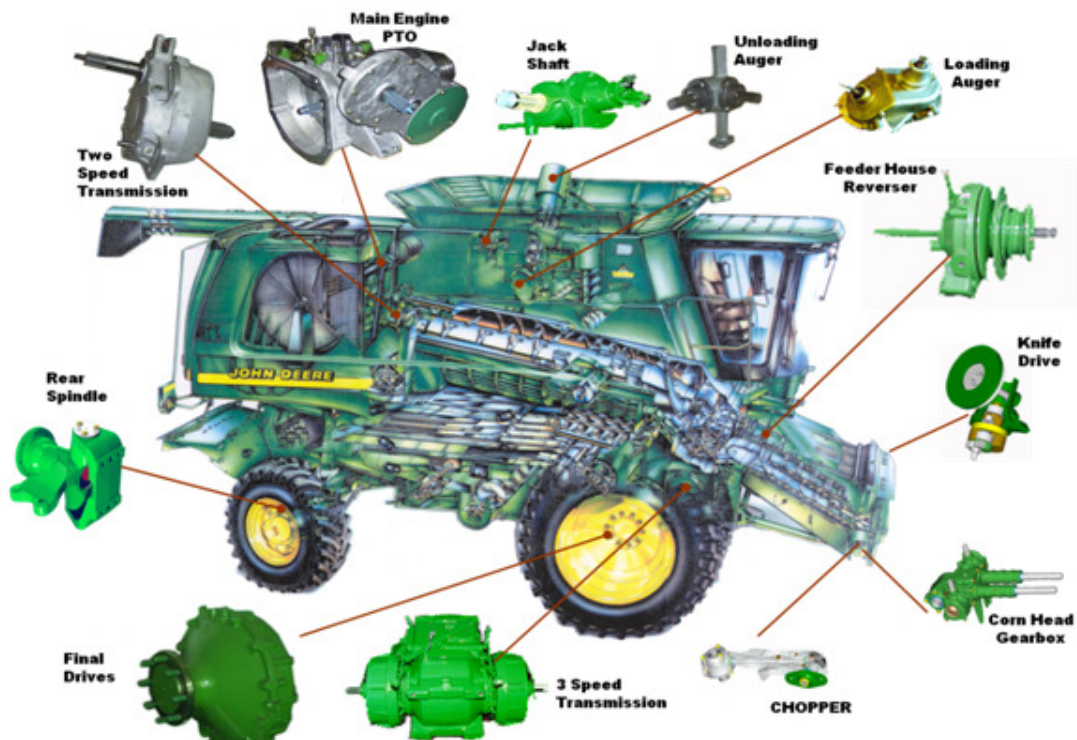


Figura 5. 1: Componentes en una cosechadora John Deere.

Una vez que se tiene cortada la materia prima un tornillo sin fin doble inverso, se canaliza todo el material recolectado hacia el sistema de limpieza de la máquina por medio de un sistema de venteo interno. Una vez allí se procede a separar la paja del grano en lo que es el sistema de trilla.

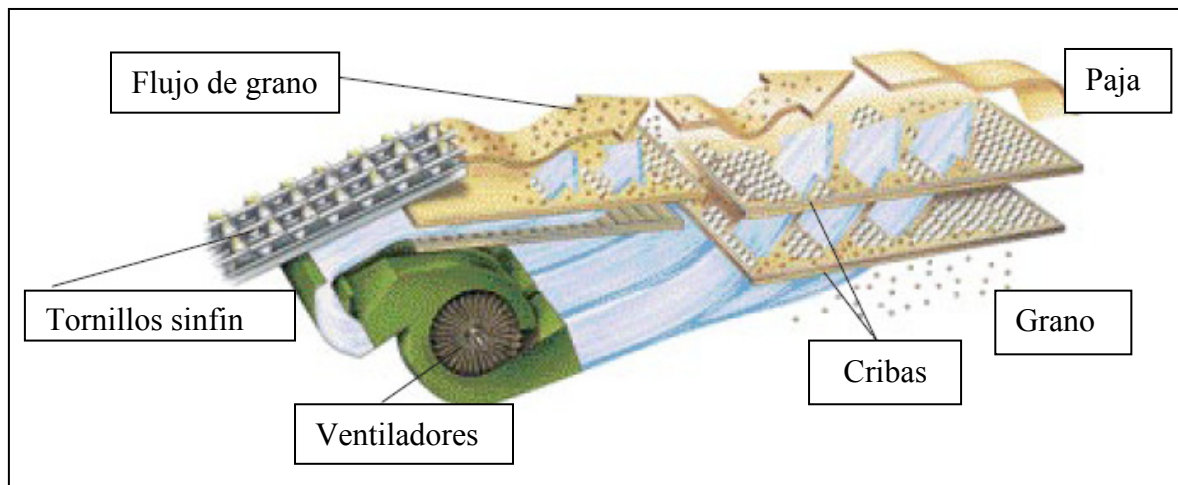


Figura 5. 2: Mecanismo de trilla de una cosechadora.

Como se observa en la figura 5.2. el proceso de limpieza comienza de forma inmediata cuando el aire a alta velocidad atraviesa el prelimpiador separando el tamo y las granzas de la parte inferior de la capa de grano. Aproximadamente $\frac{1}{3}$ del grano es separado en este punto, reduciendo el material que pasa a la caja de cribas.

Unos robustos sinfines transportan con facilidad una gran cantidad de grano, asegurando una distribución homogénea sobre las cribas para lograr una limpieza eficaz. Estos sinfines son muy eficaces cuando se trabaja en condiciones de alta humedad o con desniveles de terreno.

Cuatro ventiladores de limpieza *Dual Flo* lanzan constantemente un fuerte chorro de aire en dos direcciones diferentes. El uso de estos cuatro ventiladores ayuda a crear diferentes presiones, que barre los residuos mientras el grano cae sobre las cribas.

Cuando el grano y la paja llegan a las cajas de cribas una gran parte de los residuos ya han sido eliminados.

Una vez separado el grano, la paja junto con el resto de desperdicios será expulsada fuera de la máquina por la parte trasera de la cosechadora para que sirva de abono. El grano puede ser almacenado en un contenedor interno de la cosechadora. La caja encargada de subir el grano al depósito de grano es conocida en John Deere como la transmisión *Loading Auger* (se puede apreciar en la figura 5.1.).

Para la posterior descarga de grano se utiliza la caja de cambios denominada *Unloading Auger* (ver figura 5.1.), esta caja mueve un eje sinfín situado dentro de un cilindro por el que se descarga el grano.

Todas estas funciones y cajas están conectadas a otras mayores que pueden regular la velocidad y potencia de las operaciones. Estas cajas son: dos velocidades, *Jack Shaft*, tres velocidades, *prodrive*, etc. Todos estos elementos se relacionan entre sí por medio de poleas, tensores, ejes que se muestran en la figura 5.3. y otros componentes para el correcto funcionamiento de la cosechadora.

La caja que mueve todas las anteriores va colocada junto al motor principal de la cosechadora, es conocida como *Main Engine* y se puede visualizar en la figura 5.3.

El rodillo final que se muestra en esta figura es el que mueve todo el cabezal *Corn Head* y en definitiva el que mueve las *Row Unit*, cajas de estudio.

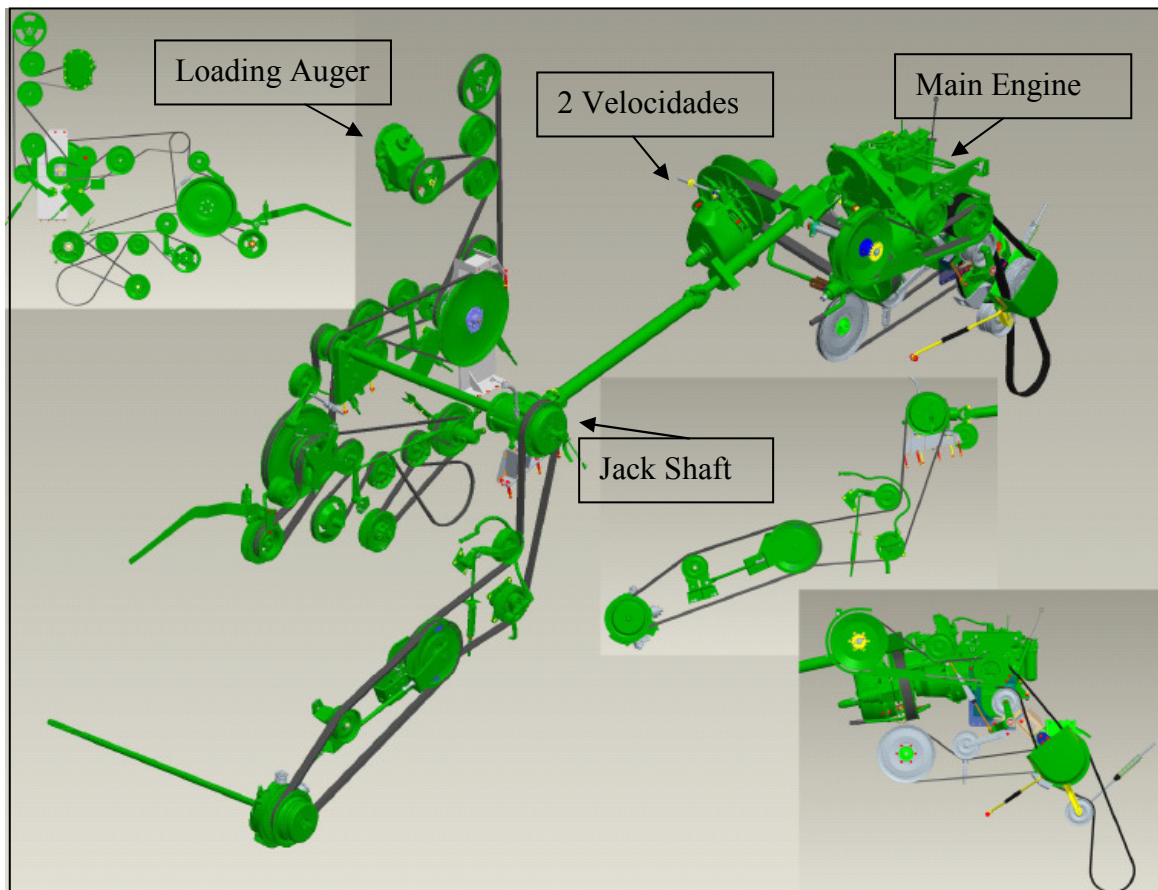


Figura 5. 3: Esquema de conexiones entre las cajas.

Se conoce como cabezal o *Corn Head* la parte que se acopla al principio de la cosechadora. Cada cabezal puede contar con 10 o 12 unidades de *Row Unit*, dependiendo del modelo. El cabezal se puede observar en una foto de una cosechadora real en la figura siguiente (5.4.).



Figura 5. 4: Cosechadora con cabezal corn head.

En esta imagen se puede ver en primer plano el cabezal del que se ha estado hablando. Entre cada pico de apertura de trigo se encuentra una *Row Unit* con una *Chopper* asociada (si el modelo lleva Chopper). Esto se puede ver con mayor claridad en la figura 5.5. donde se observa una vista de la planta inferior del cabezal y su disposición.

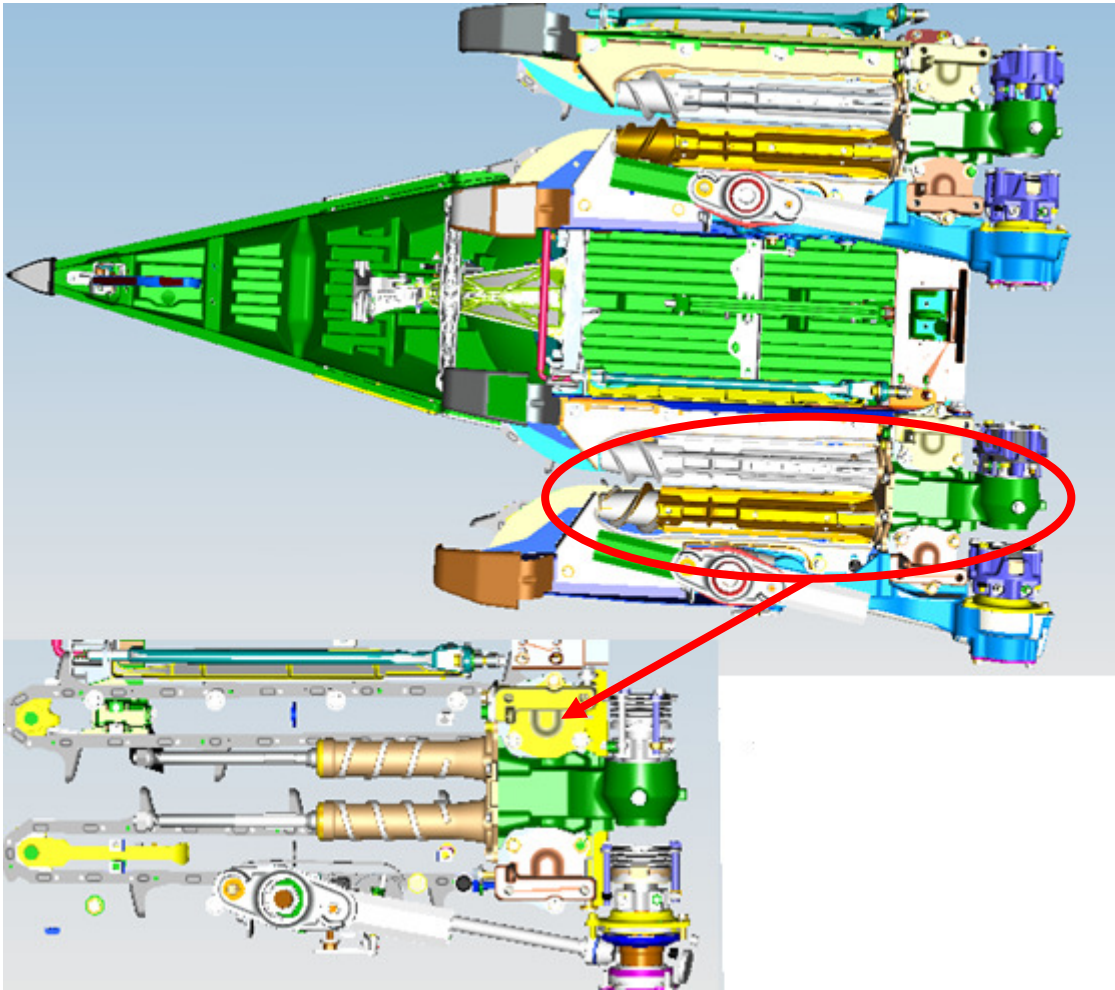


Figura 5. 5: Detalle cabezal.

5.3. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE MONTAJE

En el año fiscal 2.009, la línea de la *Row Unit* contaba con 25 operarios. Estos se pueden repartir a lo largo de 3 turnos y las dos líneas según las necesidades de la producción. Por norma general los operarios se reparten en dos turnos, mañana y tarde y en la línea número uno, que es la que tiene una mayor capacidad de producción.

Tanto los tiempos, como los puestos son diferentes entre las líneas uno y dos. Por simplicidad, se va a explicar únicamente la línea 1 que es donde se suele trabajar habitualmente. Como se ha podido ver en el proceso, existen varios puestos de premontajes. Estos son:

- Premontaje tapas. (Operación 5_1).

- Premontaje ejes. (Operación 5_2).
- Premontaje casquillos. (Operación 5_3).
- Premontaje engranajes. (Operación 5_4).
- Premontaje carcasa. (Operación 5_5).

Inicialmente todos estos puestos se incluyen en una única operación conocida como la operación 5.

Estos premontajes se reparten entre los operarios de forma que la línea esté equilibrada.

Los puestos de montaje son:

- Montaje eje hueco. (Operación 10).
- Montaje binocular. (Operación 20).
- Montaje final. (Operación 30).
- Prueba fugas y embalaje. (Operación 40).

Existe además otra operación consistente en el mecanizado de la carcasa. Este puesto no forma parte de la línea de la Row Unit y las carcasas que mecaniza son mínimas. Sin embargo se describirá brevemente al haber proyectos de mejora en los que interviene.

Se muestra en la figura 5.6. un plano de la línea de montaje con las operaciones que se realizan en ellos. Además en esta figura se puede observar como cada puesto contempla un espacio asignado para colocar el material utilizado a una distancia cercana.

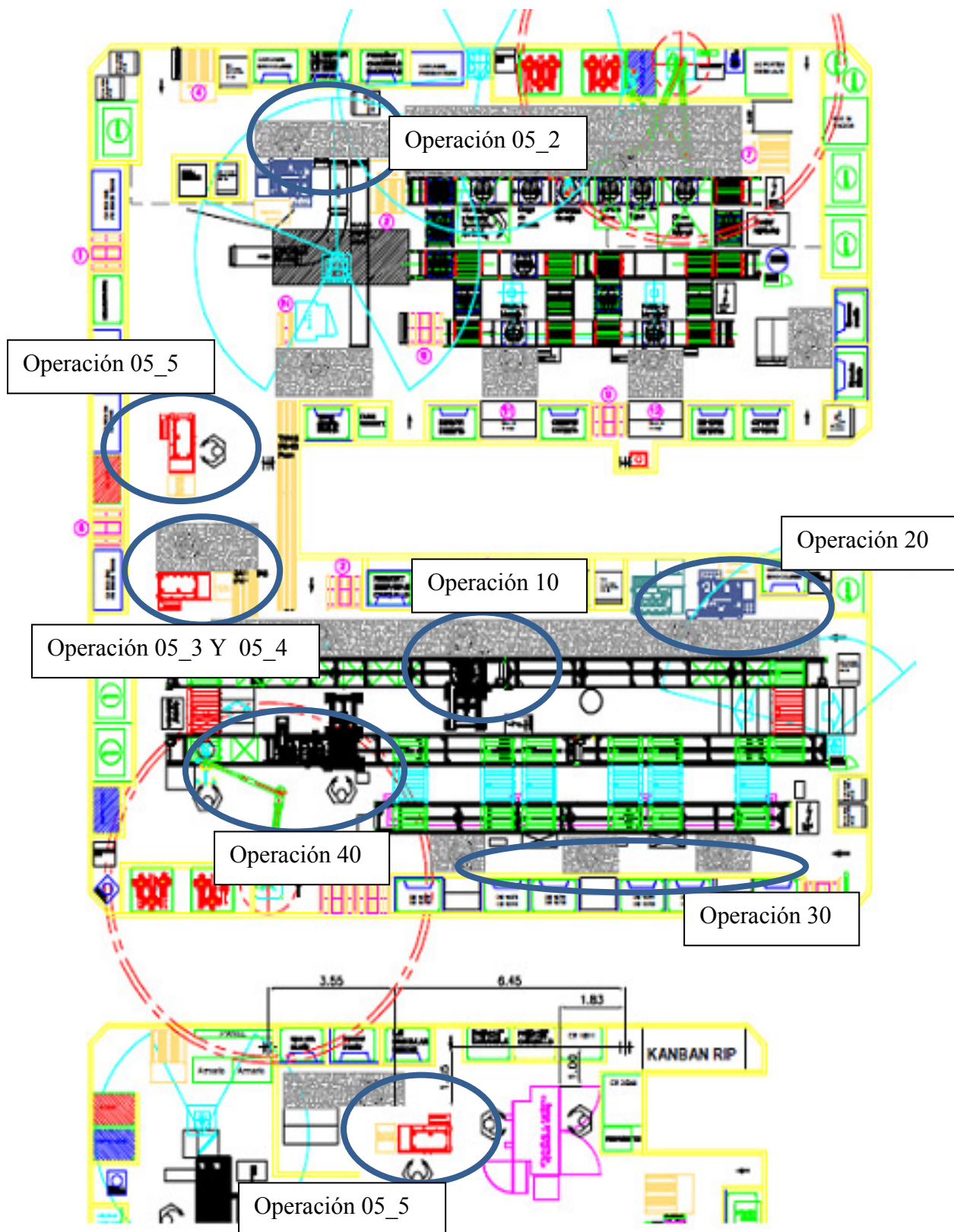


Figura 5. 6: Visualización de los puestos de montaje.

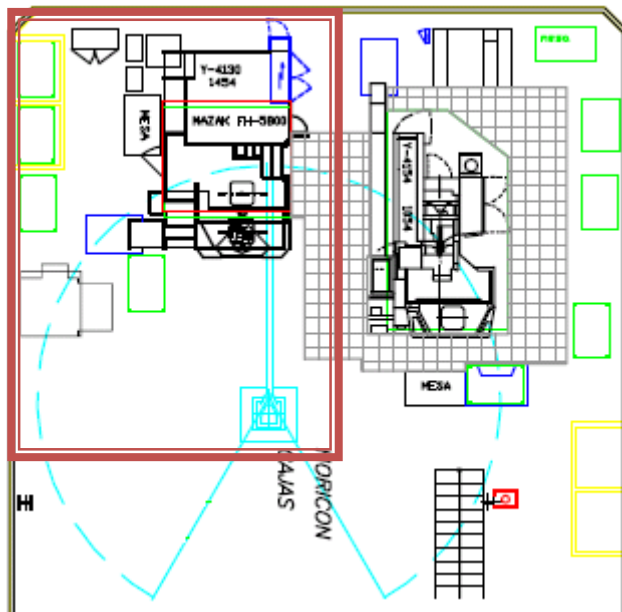
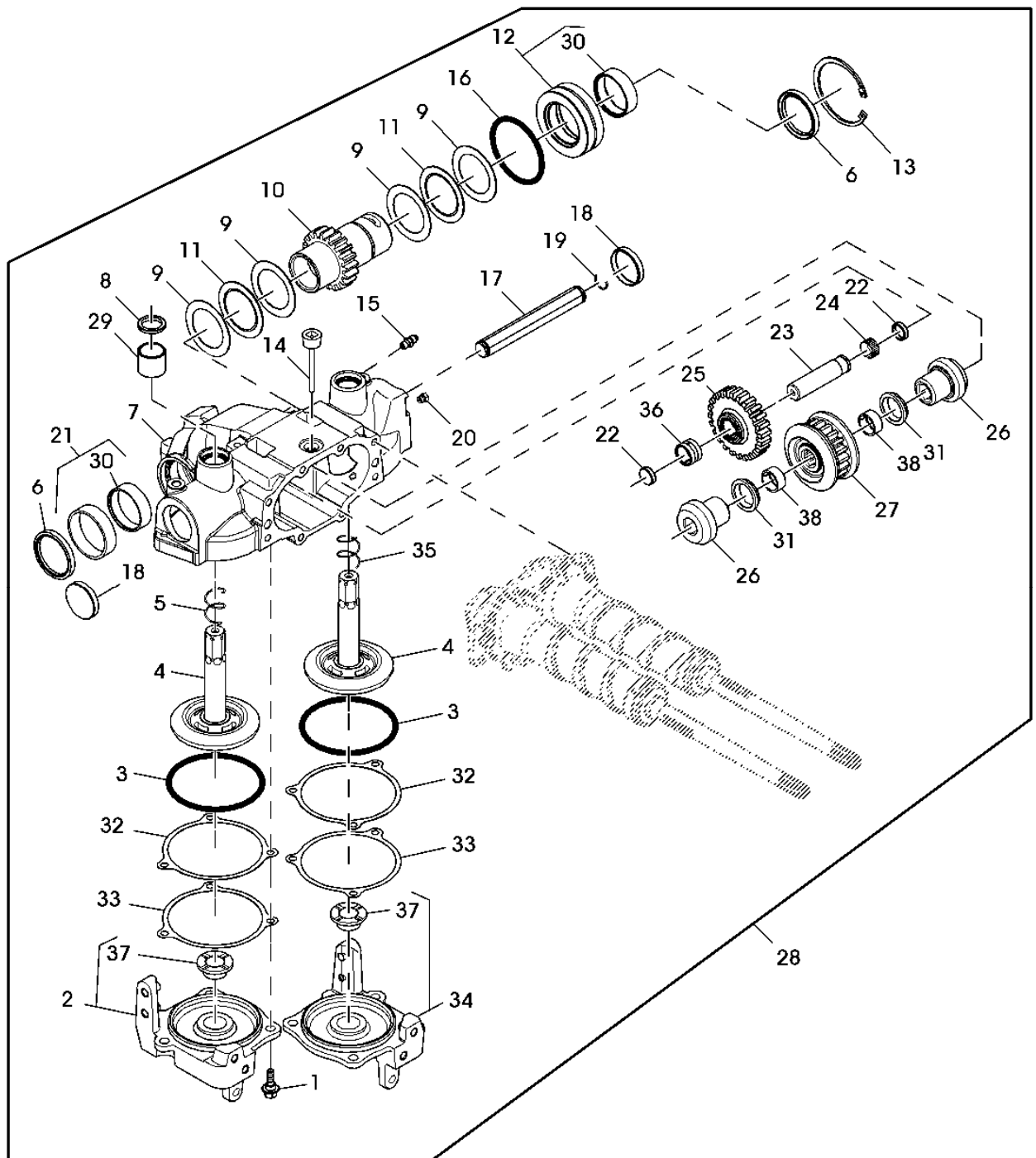


Figura 5. 7: Visualización puesto mecanizado.

5.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MONTAJE

El proceso de montaje de la *Row Unit*, es un proceso complejo donde intervienen un gran número de piezas de diversa procedencia, formas y tamaños. Este estudio es necesario, como se ha descrito anteriormente, para facilitar la realización del mapa de flujo de valor.

La mejor forma de ver cuáles son sus piezas y su posición antes de ver el proceso de montaje es con un explosionado de todas las referencias usadas. En la figura 5.8. se puede ver todas las piezas que componen la *Row Unit* con la parte denominada como binoculares sin despiezar. Esos se pueden ver en detalle en la figura 5.9.



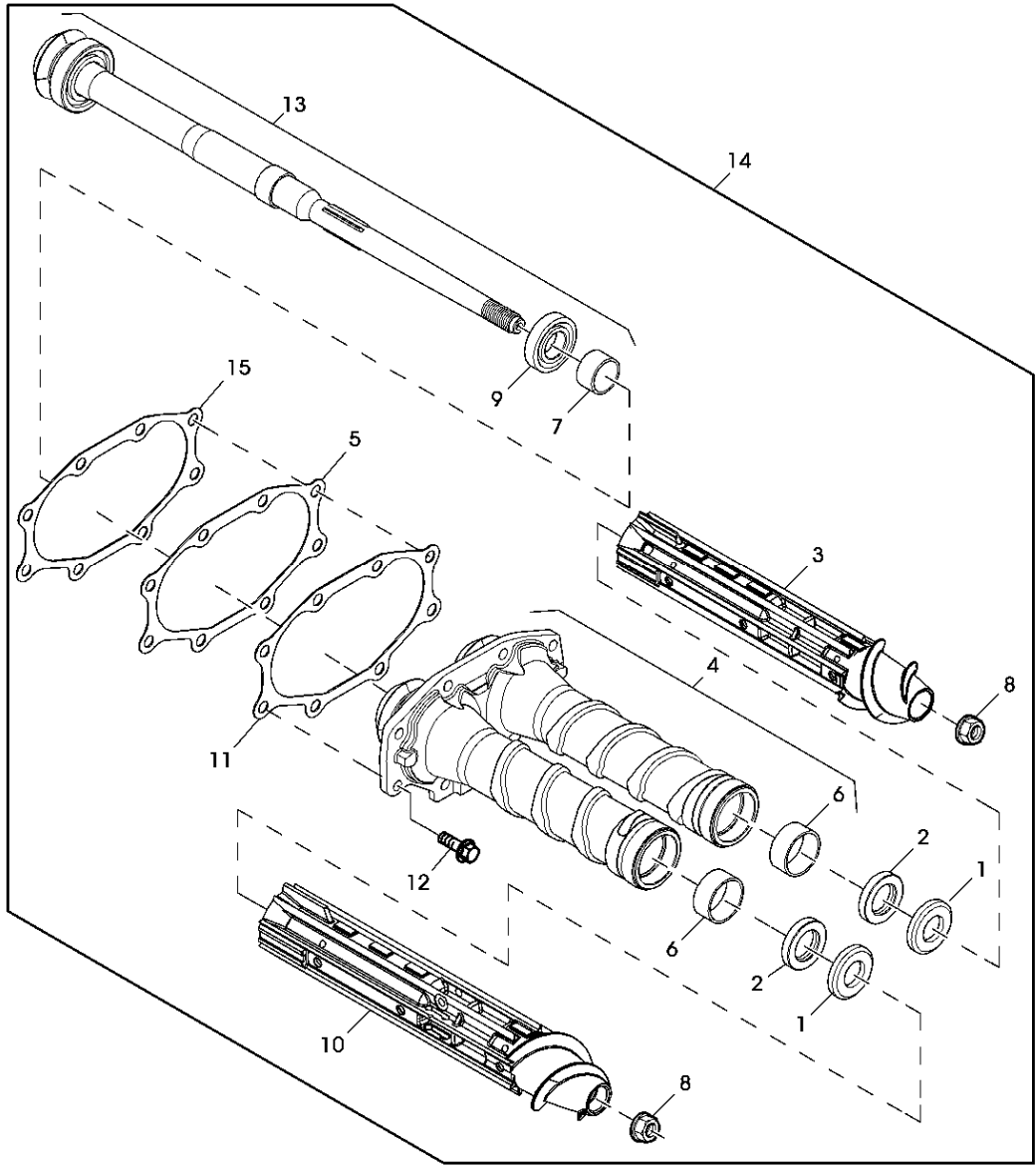
HP20093

Figura 5. 8: Explosionado_1. Row Unit.

KEY	REF.	NOMBRE	QTY	SERIAL NO.	606	608	612
1	CE20072	TORNILLO	6		X	X	X
2	DE19883	TAPA	1	-XXXXXX	X	X	X
	DE20931	TAPA	1	XXXXXX-	X	X	X
3	CE19707	TORICO	2		X	X	X
4	DE19761	EJE	2		X	X	X
5	N102220	MUELLE	1		X	X	X
6	DE19965	RETEN	2		X	X	X
7	DE20088	CARCASA	1		X	X	X
8	DE20183	RETEN	2		X	X	X
9	Z65206	ARANDELA	4		X	X	X
KEY	REF.	NOMBRE	QTY	SERIAL NO.	606	608	612
10	CE19939	EJE	1		X	X	X
11	DE19879	SUPLEMENTO	2		X	X	X
12	DE19885	CASQUILLO	1	-XXXXXX	X	X	X
	DE20188	KIT CASQUILLO	1	XXXXXX-	X	X	X
13	40M1874	ANILLO ELASTICO	1		X	X	X
14	CE19838	VARILLA NIVEL	1	-XXXXXX	X	X	X
	DE20168	VARILLA NIVEL	1	XXXXXX-	X	X	X
15	R35352	ACOPLAMIENTO	1		X	X	X
16	CE20254	TORICO	1		X	X	X
17	CE19378	EJE	1		X	X	X
KEY	REF.	NOMBRE	QTY	SERIAL NO.	606	608	612
18	CE19577	CAPUCHON	2		X	X	X
19	N102019	ANILLO ELESTICO	2		X	X	X
20	E14814	VALVULA PRESION	1		X	X	X
21	DE19885	CASQUILLO	1	-XXXXXX	X	X	X
22	CE19314	FIJA	2		X	X	X
23	CE19700	FIJA	1		X	X	X
24	N102026	ANILLO	1		X	X	X
25	DE19881	ENGRANAJE	1		X	X	X
26	CE19310	CAMISA	2		X	X	X
27	DE19733	ENGRANAJE	1		X	X	X
KEY	REF.	NOMBRE	QTY	SERIAL NO.	606	608	612
28	DE20087	CARCASA	1		X	X	X
29	H83875	CASQUILLO	2		X	X	X
30	DE19739	RODAMIENTO AGUJAS	2		X	X	X
31	CE19962	CASQUILLO	2		X	X	X
32	CE19820	SUPLEMENTO	2		X	X	X
33	CE19821	SUPLEMENTO	2		X	X	X
34	DE19884	TAPA	1	-XXXXXX	X	X	X
	DE20932	TAPA	1	XXXXXX-	X	X	X
35	N102221	MUELLE	1		X	X	X
36	CE19129	RODAMIENTO CON	2		X	X	X

		CARCASA					
KEY	REF.	NOMBRE	QTY	SERIAL NO.	606	608	612
37	CE19725	CASQUILLO	2		X	X	X
38	DE19741	RODAMIENTO	2		X	X	X

Tabla 5. 1: Listado de piezas_1. Row Unit.



HP20094

Figura 5. 9: Explosionado_2. Row Unit.

KEY	REF.	NOMBRE	QTY	SERIAL NO.	606	608	612
1	DE19746	RETEN	2		X	X	X
2	DE20072	RETEN	2		X	X	X
3	HXE11079	RODILLO	1		X	X	X
	HXE11082	RODILLO	1		X	X	X
4	DE20089	CARCASA	1		X	X	X
5	CE19934	SUPLEMENTO	1		X	X	X
6	DE20070	RODAMIENTO	2		X	X	X
7	CE20184	RETEN	2		X	X	X
8	HXE11109	TUERCA	2		X	X	X
9	DE19735	RODAMIENTO	2		X	X	X
KEY	REF.	NOMBRE	QTY	SERIAL NO.	606	608	612
10	HXE11080	RODILLO	1		X	X	X
	HXE11081	RODILLO	1		X	X	X
11	CE19933	SUPLEMENTO	1		X	X	X
12	19M7786	TORNILLO	8		X	X	X
13	DE20166	EJE	2		X	X	X
14	DE20087	CARCASA	1		X	X	X
15	CE20420	SUPLEMENTO	1		X	X	X

Tabla 5. 2: Listado de piezas_2. Row Unit.

Además, las figuras 5.8. y 5.9. se pueden relacionar con el listado de piezas que las forman descritas en las tablas 5.1 y 5.2.

Una vez se ha visto las referencias que componen la *Row Unit* se procederá a describir cual es proceso de montaje de esta caja detallando cual es la ubicación exacta de cada pieza, número de piezas que intervienen, orden en que se producen y otros factores que afectan a la calidad del producto.

Para describir este proceso se utilizan unas hojas conocidas como hoja de datos mecánicos HDMs. A partir de estas hojas y los materiales adecuados se debería ser capaz de realizar el producto correctamente.

A continuación y partiendo de estas hojas de datos mecánicos se describirán los puestos de montaje.

5.4.1. OPERACIÓN 05.

- OPERACIÓN 05_1

Esta parte del proceso contempla la colocación de las tapas (existen dos tapas diferentes según su posición en la carcasa) en la prensa de montaje. Colocar los casquillos y montarlos en las tapas. Estas tapas se colocaran en su sitio correspondiente del IPK para su posterior montaje final. En la siguiente foto (5.10.) se puede observar la prensa de montaje y los elementos utilizados.

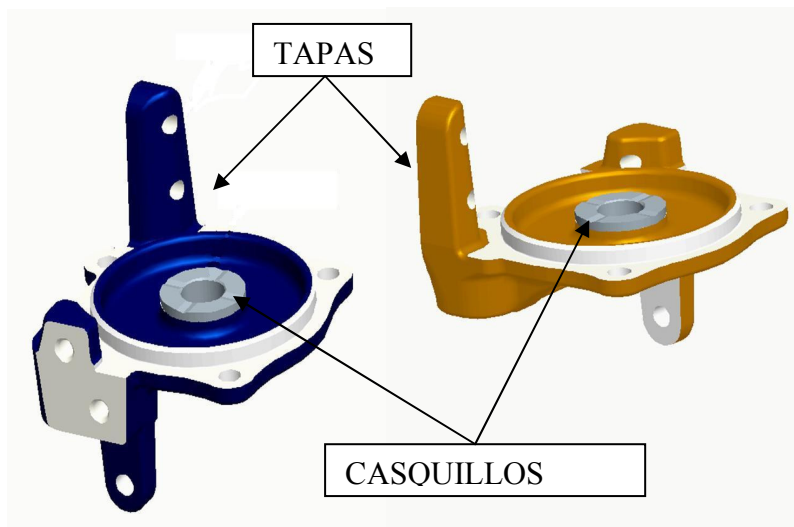


Figura 5. 10: Premontaje de tapas.

- OPERACIÓN 05_2

Esta es una operación sencilla, muy similar a la anterior de las tapas, donde se montan los rodamientos de bolas a los ejes piñón. En primer lugar se introducen los rodamientos y se acoplan en el útil de la prensa de montaje. Se activa la prensa y se colocan los ejes premontados en un carro de IPK. Todos estos pasos se muestran en la siguiente secuencia de imágenes reflejadas como figura 5.11.



Figura 5. 11: Premontaje de ejes.

- OPERACIÓN 05_3 Y 05_4

Estos dos procesos se realizan a la vez en una única prensa. Para ello se cargan los casquillos, engranajes y dos tipos de rodamientos en unas guías específicas para cada componente y se pulsa la prensa. De forma automática esta se encargará montar los dos conjuntos. Estos se almacenan en unas bandejas para su posterior montaje final.



Figura 5. 12: Prensa casquillo y engranaje y sus premontajes.

El resultado se puede apreciar en la figura anterior (5.12.), donde se muestra la prensa utilizada y el resultado obtenido.

- OPERACIÓN 05_5

En primer lugar, se procede a colocar la carcasa en el puesto de montaje y fijarla. En este puesto hay que colocar en sus posiciones 4 casquillos y 3 rodamientos además de una chapa con la referencia correspondiente de la caja (ver figura 5.13.). Se colocan las piezas en los correspondientes huecos y se pulsa el botón de la prensa para que fije los elementos en sus posiciones.

Una vez fijados los componentes se coloca la carcasa en el carro y se procede a pegar la chapa con los datos de la carcasa junto con su código de barras.

Es importante fijarse en la correcta colocación de los casquillos, rodamientos y chapa.

Este premontaje se realizará en el mecanizado de carcasa a consecuencia de uno de los procesos de mejora que se implantará.

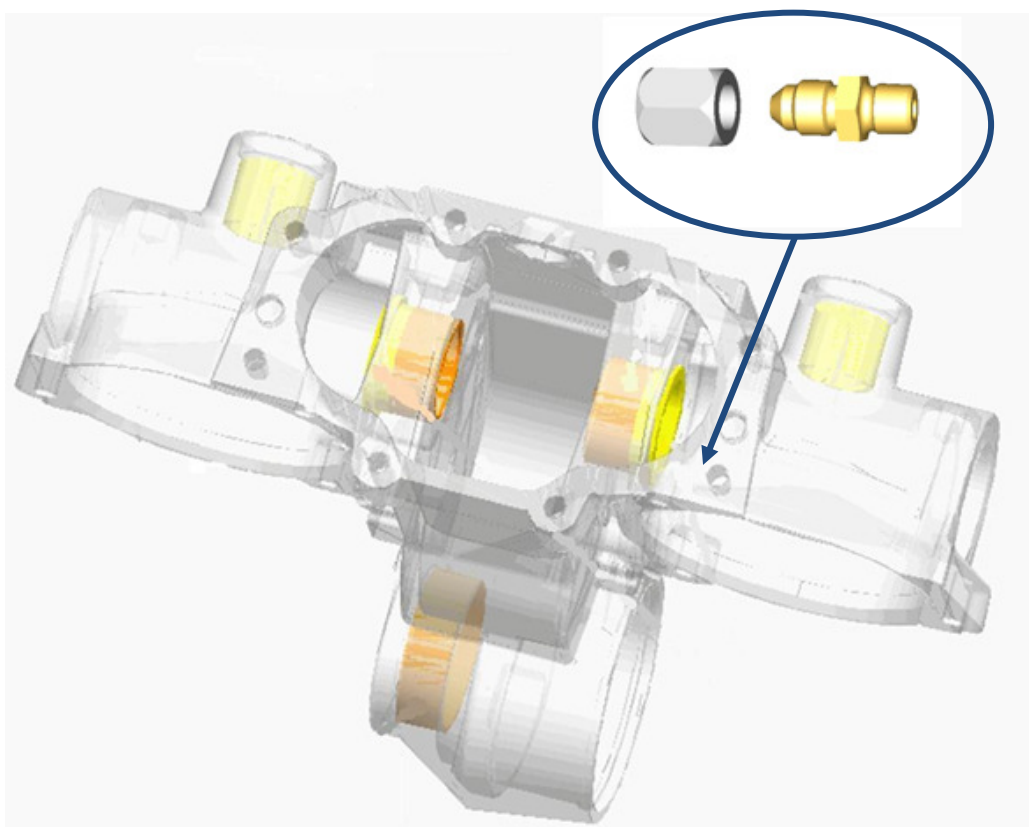


Figura 5. 13: Premontaje carcasa.

5.4.2. OPERACIÓN 10.

En este montaje se realizan varias operaciones independientes. Un premontaje previo del eje hueco consistente en el montaje de pista, rodamiento y las arandelas en el eje hueco. En este puesto también se monta el casquillo premontado anteriormente, además de otros elementos como anillos tóricos necesarios para evitar las fugas. En las siguientes figuras (5.14.) se pueden apreciar las dos prensas utilizadas en el puesto de montaje.

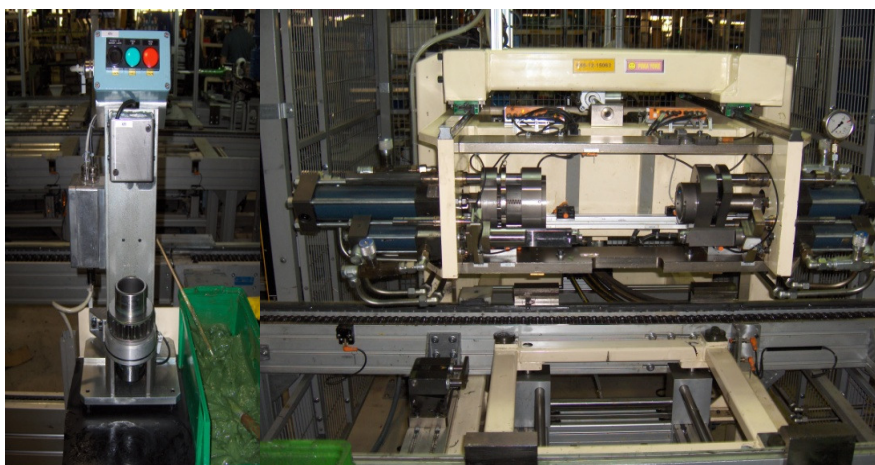


Figura 5. 14: Prensas operación 10.

Una vez aplicada la grasa se coloca el eje premontado en la prensa y se acopla a la carcasa ya premontada. Se procede a poner en funcionamiento la prensa y finalmente se colocan los anillos elásticos para evitar desplazamientos. Se coloca el engranaje y se ajusta. Cuando la carcasa esta montada se procede a colocarla en el camino de rodillos de la línea junto con otros elementos, tal y como se muestra en la figura 5.15. También se puede apreciar el resultado final del montaje de este puesto.

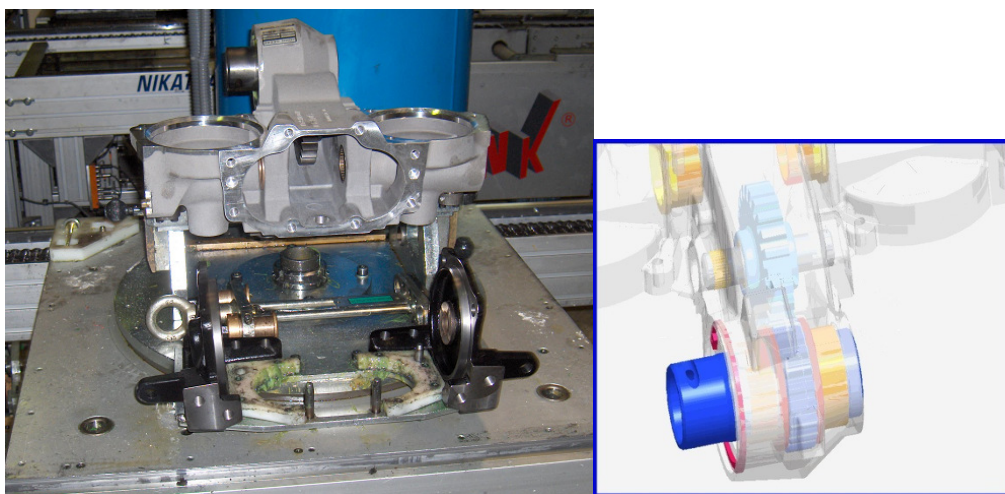


Figura 5. 15: Resultado de la operación 10.

5.4.3. OPERACIÓN 20.

En esta operación se realiza el montaje de las piezas descritas en la figura 5.16. Para ello se colocan los ejes premontados anteriormente en el puesto de montaje junto con la carcasa de los binoculares. Se procede al llenado de grasa del conjunto (ver en secuencia de imágenes siguiente) y se colocan los retenes y unas tapas finales conocidas como guardapolvos.

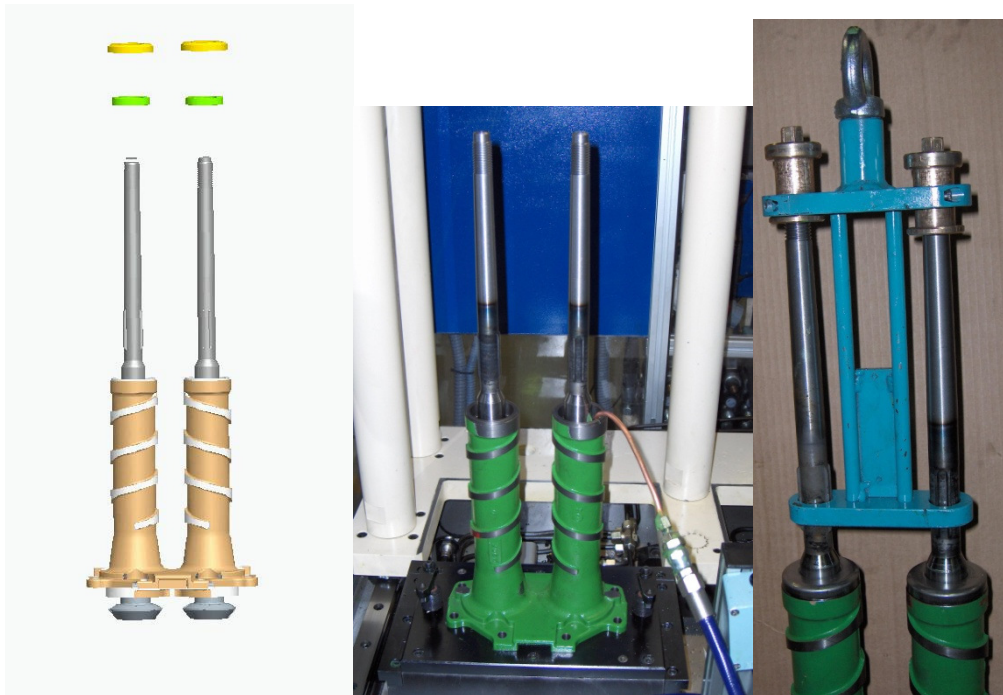


Figura 5. 16: Operación 20.

Finalmente, se colocan los ganchos de transporte, conocidos como colgadores. Estos ejes se colocaran inicialmente en la cadena de montaje, aunque existen carros donde almacenarlos (IPK) como stock de seguridad.

5.4.4. OPERACIÓN 30.

Esta es sin duda, la operación más complicada, ya que incorpora varios montajes de precisión. En primer lugar, se colocan los piñones cónicos a ambos lados de la carcasa. Acto seguido, se debe colocar la piña entre los piñones asegurando que engrane correctamente. Se unen los elementos anteriores con un eje que atraviesa la piña y los

piñones y aseguramos la posición con el anillo elástico. En la figura siguiente se puede observar con mayor claridad la primera parte del montaje.

El operario debe asegurarse el correcto giro de los ejes en esta operación.

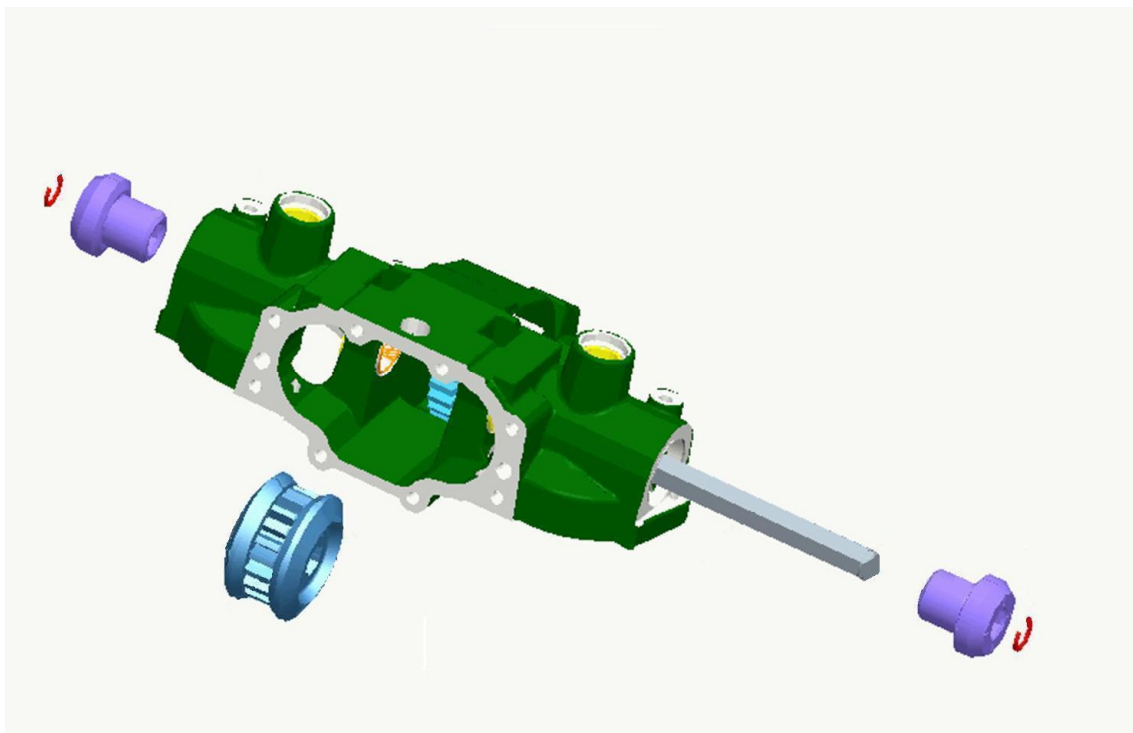


Figura 5. 17: Operación 30. Parte 1.

En segundo lugar se procede a colocar el binocular premontado en la operación 20. Para ello se coge el gancho con polipasto y se hace un reglaje para averiguar el número de suplementos necesarios que hay que montar. Se procede a aplicar silicona aislante entre los suplementos y la carcasa del binocular encima. Para terminar esta segunda parte se aplica loctite a los tornillos y se aprietan con una pistola eléctrica situada en el puesto.

El resultado final se puede observar en la siguiente figura, donde la carcasa del binocular ya se encuentra ajustada a la principal.

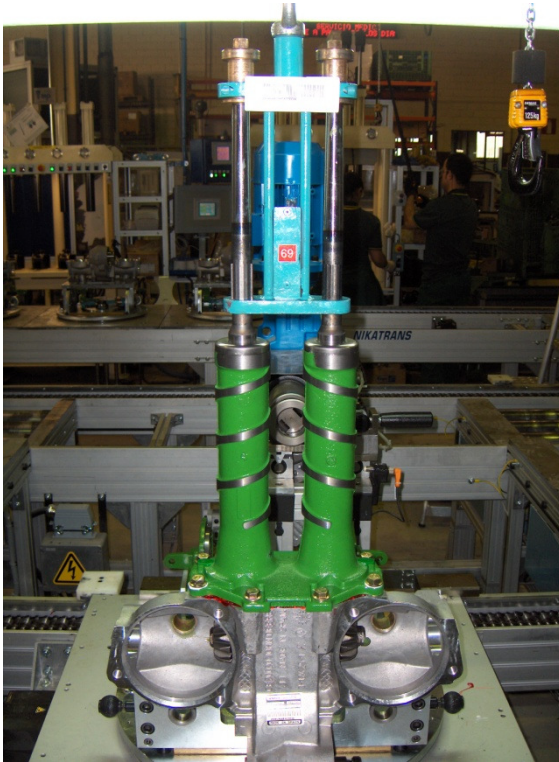


Figura 5. 18: Operación 30. Parte 2.

En esta fase de montaje, se colocan las tapas premontadas con anterioridad junto con los ejes cortos, también montados previamente. Para poder acoplar correctamente las tapas es necesario realizar un reglaje consistente en medir las diferencias que hay entre las tapas y la carcasa e igualarlas con los suplementos que corresponda.

Para terminar se aplica loctite a los tornillos y se sujetan las tapas aplicando el par correspondiente.

El despiece descrito se puede observar en detalle con la figura 5.19., donde además hay que colocar los muelles a los ejes.

Una vez terminado se procede a devolver el carro a la línea para que se pueda continuar con el proceso de montaje.

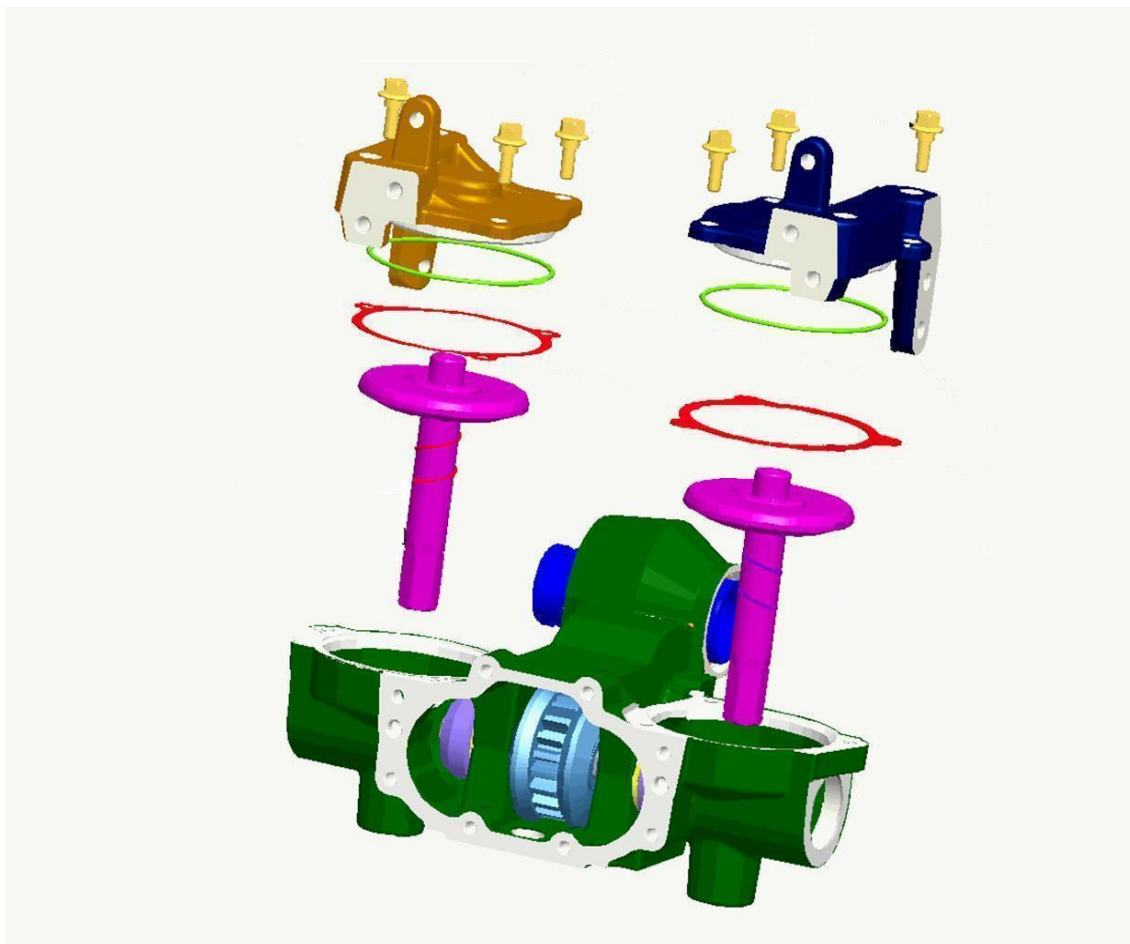


Figura 5. 19: Operación 30. Parte 3.

5.4.5. OPERACIÓN 40.

En esta parte del proceso de montaje, la *Row Unit* está prácticamente terminada. Con la caja aún en la línea queda por colocar los retenes finales, para ello será necesario introducir previamente las camisas de protección y engrasarlos. Junto con los tapones que también hay que colocar estos elementos evitaban que la grasa que se introduce posteriormente se salga.

Tanto los tapones como los retenes, se colocarán por medio de una prensa que dará la fuerza necesaria para que no sean expulsados posteriormente.

Cuando la caja está sellada, se procede a realizar una prueba de fugas de forma automática. Una vez superada, se procede al llenado completo de grasa mientras se rueda. Esto favorece la correcta distribución de la grasa por toda la caja. Se puede ver

en la figura 5.20. la prueba de fugas en la primera foto y el rodaje y llenado de grasa en la segunda.

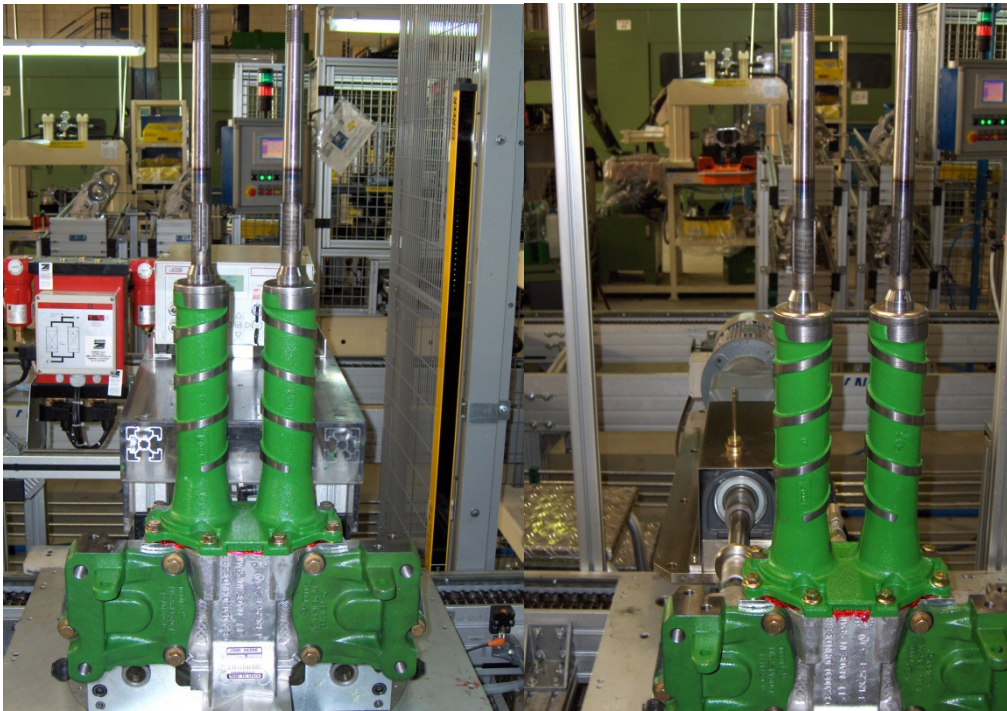


Figura 5. 20: Operación 40.

Finalmente, se colocará el tapón con la varilla y se comprueba que el llenado de grasa es correcto.

La *Row Unit* está finalmente montada y sólo queda separar la caja del dispositivo de montaje. La chapa con la referencia es registrada por un lector, donde se almacenan distintos datos como los reglajes, datos de fugas, etc.



Figura 5. 21: Operación 40. Embalaje.

Una vez hecho esto, la caja se lleva al cajón de embalaje y se coloca de la forma correcta (ver figura anterior número 5.21.) con una protección anticorrosión. Cuando el cajón de embalaje está lleno se transporta al contenedor correspondiente en espera de ser enviado.

El estudio del proceso de la línea requiere la inversión de muchas horas familiarizándose tanto con la documentación, como en la propia línea de trabajo. Es en la línea de montaje de dónde se pueden obtener más ideas para una reducción de tiempo y de coste en la fabricación del producto.

En el capítulo siguiente se relacionará el proceso con las fuentes de desperdicio encontradas a lo largo de la línea por medio del mapa de flujo de valor o VSM.

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Capítulo 6: Realización del Mapa de Flujo de Valor

Estudio y mejora de una línea de montaje
mediante Lean Manufacturing

Ismael Torres Gárate

CAPITULO 6: REALIZACIÓN DEL MAPA DE FLUJO DE VALOR

6.1. REALIZACIÓN VSM

La descripción del mapa de flujo de valor, ya se ha explicado teóricamente en el capítulo 3. La realización práctica se realiza de igual manera tal y como se verá a continuación. Sin embargo para facilitar la explicación y comprensión se agrupará el mapa de valor en cuatro bloques principales: clientes, proveedores, organización y finalmente proceso de montaje.

6.2. CLIENTES

El único cliente de John Deere Ibérica, S.A. son otras unidades de la multinacional *John Deere & Company*, tal y como se ha detallado en apartados anteriores. Sin embargo, las distintas factorías a las que se sirven los componentes se pueden considerar de forma aislada como clientes individuales.

Los clientes de la línea que se va a describir son: Zubeirbrucken y Harvester.

En la figura siguiente (6.1.) se puede ver la sección del mapa de valor correspondiente a los clientes. En esta sección se aportan distintos datos de interés para la realización del mapa de valor. Los principales son:

- El tiempo de transito. Este es el tiempo que tarda en recorrer el producto desde que sale de fábrica terminado hasta que llega a su destino. Este tiempo cambia según el cliente y el modo de transporte. Para Harvester el modo de transporte se produce en camión hasta embarcar en barco y finalmente en camión o tren hasta su lugar de destino final. Este recorrido total es de 28 días. Para Zweibrücken (Alemania) el transporte se produce íntegramente en camión.

- En el mapa de valor también se representan las cantidades enviadas y su frecuencia de envío. En una misma semana se producen varios envíos, tal y como se describe en la figura.
- Se va a representar también en esta sección el tipo de comunicación que se produce entre los clientes y la empresa. En la figura se representa con CWIS, este es un programa informático donde se actualizan los pedidos. El 100% de la figura indica que toda la comunicación se produce a través de este sistema. La actualización de los pedidos se realiza de forma genérica cada 3 meses.

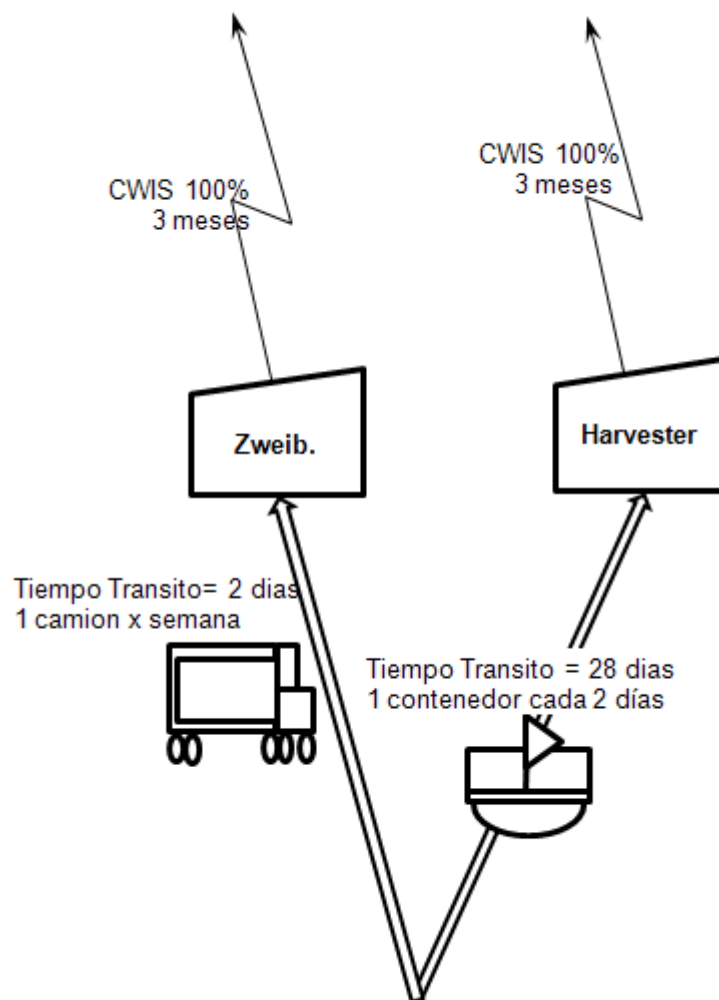


Figura 6. 1: Mapa de valor clientes.

También cabe destacar los iconos que aparecen en las figuras, estos iconos también aportan distinto tipo de información. Las flechas nos indican el flujo de material o información y el modo en que se produce. Así mismo, se pueden observar los medios de transporte prioritarios y las factorías.

6.3. PROVEEDORES

Como se puede observar en las tablas 5.1 y 5.2 del capítulo anterior, (Listado de piezas *Row Unit*). La cantidad de piezas es considerable. En general no se pueden describir la totalidad de las piezas ni su procedencia. Por este motivo, se van a agrupar los proveedores en cuatro grupos principales según su procedencia. Estos son:

- Proveedores Nacionales.
- Proveedores Europeos.
- EOD. Proveedores Norteamericanos.
- LCC. Proveedores Asiáticos.

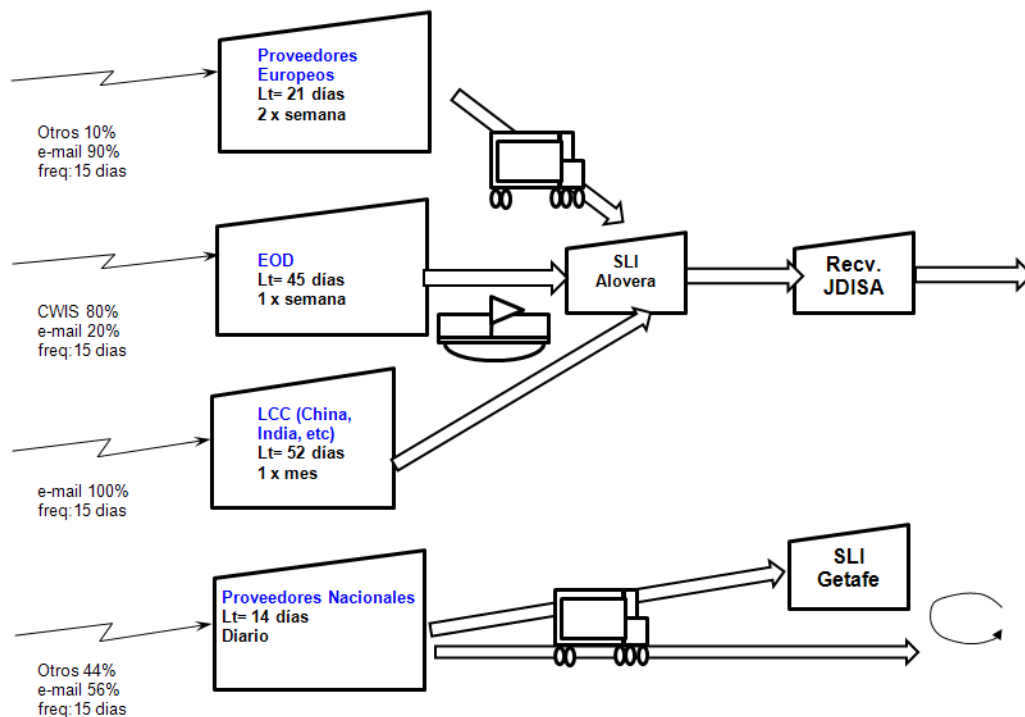


Figura 6. 2: Mapa de valor proveedores.

Se puede ver en la figura 6.2., al igual que con los clientes, el modo de comunicación existente entre Ibérica y sus proveedores y la frecuencia con que se produce. Con respecto al modo de reparto se puede observar como los clientes nacionales sirven directamente al almacén de SLI situado en el propio recinto de la empresa ó incluso servir directamente a la línea de montaje. Por el contrario el resto de proveedores sirven a un almacén de la compañía situado en Alovera. Este almacén se encarga de distribuir el material a SLI.

6.4. ORGANIZACIÓN Y COMUNICACIÓN

En este apartado, se incluirá la parte organizativa que influye en la línea de montaje, desde el supervisor hasta la gerencia. Así como la comunicación que existe entre las partes y como se produce. Esta última información ya se ha incluido en los puntos anteriores y el modo en que se producen.

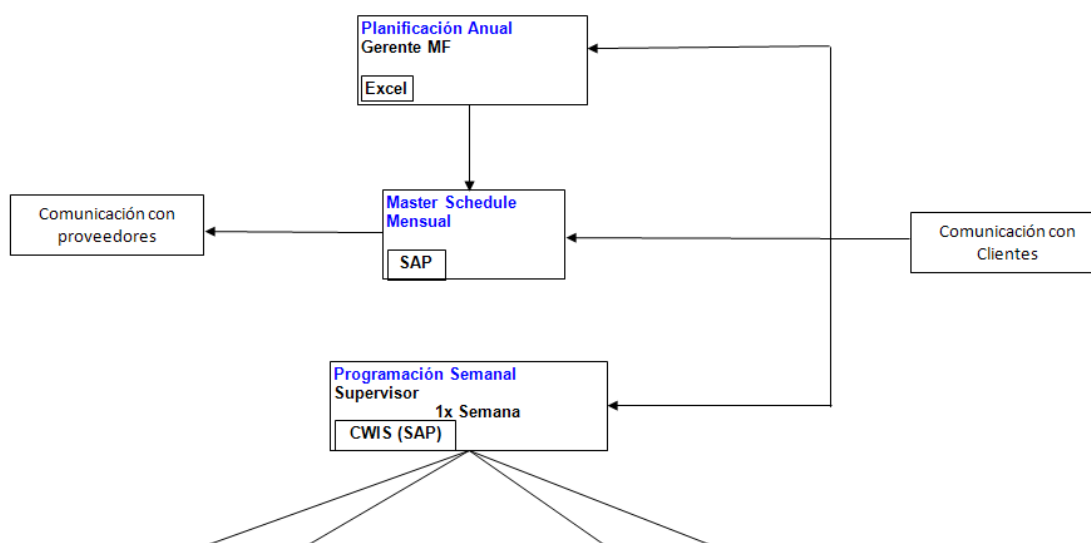


Figura 6. 3: Mapa de valor de organización.

La figura 6.3. muestra de forma esquemática la forma de organizar la producción. La planificación se realiza de forma anual (realmente la producción está planificada a 18 meses, aunque se revisa por años fiscales).

Esta planificación y comunicación es realizada por medio de programas informáticos. Estos programas (SAP/CWIS) permiten tener contabilizadas en tiempo real los elementos necesarios: tanto materia prima, como piezas terminadas.

En función del stock almacenado y la demanda se realiza una programación semanal que es comunicada al supervisor correspondiente. Además de estas reuniones semanales existe comunicación diaria directa para prevenir posibles imprevistos.

El supervisor será el encargado de comunicar y distribuir a los operarios según las necesidades planificadas.

6.5. PROCESO DE MONTAJE

Este es el proceso donde se va a poder influir en mayor medida desde la minifábrica. Es por ello, uno de los más complejos. Dentro del propio proceso de montaje, se va a realizar una subdivisión del proceso total. Esta división va a ser igual que la que se tiene en John Deere Ibérica para analizar los tiempos.

Estas divisiones son denominadas como operaciones. Estas operaciones no tienen por que coincidir con los puestos de montaje, aunque sí que coinciden con las labores que tiene que realizar un operario en la jornada laboral para mantener la línea equilibrada en condiciones normales. En la línea de montaje que se describe existen cinco operaciones, además de una sexta operación que no se encuentra dentro de la línea de montaje.

Antes de realizar los mapas de valor del proceso de montaje también es necesario recopilar cierta información. Se explicará brevemente, al realizar la primera operación, el sistema que se tiene en John Deere para evaluar los tiempos de los productos realizados. Este sistema está basado en MTM1 y MTM2.

Como se ha visto teóricamente se comienza por la última operación y se va hacia la primera.

6.5.1. OPERACIÓN 40

Esta operación inicialmente consta de tres procesos. Estos son:

- Cerrar tapones y realizar la prueba de fugas.
- Embalaje.
- Realización del premontaje de muelles.

Los datos obtenidos se obtienen tomando tiempos directamente de los procesos. Estos datos quedan registrados en unas hojas denominadas hojas estándares. Se puede ver en la figura siguiente 6.4. y 6.5. la hoja estándar de la operación 40. El procedimiento para realizarlas es el siguiente.

- En primer lugar se tiene realizado un registro de todas las operaciones a realizar definidas por el proceso (estas operaciones se ven con la clave 1).
- Para cada tarea se toman los tiempos con un reloj centesimal, que son más precisos que los sexagesimales. Se realizan varias medidas, que se registran en su columna correspondiente (se marca en la figura con la clave 2). Estos son los minutos que se tardarían en realizar 100 veces la operación estudiada.
- Cuando se está realizando la toma de tiempos se debe observar también la eficiencia con la que está trabajando el operario. Este dato se encuentra en la tabla como “EFIC”.
- En la columna siguiente (clave 4 en la figura 6.4.) aparece un valor conocido como P&F (Necesidades Personales y fatiga). El mínimo porcentaje de tiempo destinado a necesidades personales y fatiga es el 10%; esto provee de 48 min por cada 8 horas de trabajo y cubre:
 - Tiempo necesario para descansar y recuperar en el puesto.
 - Tiempo generado por esfuerzo acumulado, fatiga natural.
 - 15 min almuerzo.
 - Ir al baño.
 - Beber agua.
 - Preparar informe diario de tiempos
 - Cambiar y asearse.

Este es un valor de compensación que se aplica a cada operación y se obtiene de unas tablas estandarizadas.

- Con estos datos se obtienen los minutos estándares según la siguiente fórmula:

$$MINUTOS\ ESTANDAR = Promedio\ datos / 100 * EFICIENCIA * P\&F$$

REFERENCIA : DE-20087																	
OPER. 40		DPTO. 953	MAQUI 1	CODIGO Y-67-53	FECHA 03/05/2008												
ELEM. N°	COD.	DESCRIPCION DE ELEMENTOS				MIN/STD./CICLO			OCC./CICLO	TIEMPO OBSERVADO EN MINUTOS / 100			EFIC.	P&F	MIN.STD.		
		"D"	"B"	"M"													
		CERRAR TAPONES RETENES															
1		DESEMBALAR TAPAS (ARROJANDO PAPEL A PAPELERA)				0.084			1/10		30	32		100	1,10	0,341	
2		COLOCAR (2) RETENES DE-20183 DE EJE CORONA EN UTIL HIDRAULICO DANDOLES GRASA CON BROCHA COLOCAR (2) TAPONES CE-19577 EN SUS HUSILLOS COLOCAR CAMISAS EN EJES				0.433					40	38	40	100	1,10	0,433	
3		PULSAR BOTON INICIO MONTAJE				0.022					2	2	2	100	1,10	0,022	
4		PASAR LECTOR				0.132					12	12	12	100	1,10	0,132	
5		QUITAR CAMISAS DE EJES				0.055					5	5	5	100	1,10	0,055	
6		PRUEBA DE FUGAS AUTOMATICA CON MICROFUGOMETRO															
7		QUITAR TORNILLO 15H638 CON LLAVE - MONTAR VALVULA E-14814 APLICANDO LOCTITE Y APRETANDO CON LLAVE - ACOPLAR HUSILLO ACOPLAR ADAPTADOR - COLOCAR MANGUERA Y DAR MARCHA (2 BOTONES)				0.877					80	75	80	100	1,12	0,877	
8		LLENAR DE GRASA POR AGUJERO MIENTRAS SE RUEDA															
9		PULSAR BOTON PARADA RODAJE - QUITAR MANGUERA DE GRASA RETIRAR HUSILLO RODAJE - QUITAR ADAPTADOR				0.220					20	20	20	100	1,10	0,220	
10		PASAR A PANTALLA Y PULSAR BOTON (ACEPTAR)				0.180					15	18	16	100	1,10	0,180	
11		PULSAR BOTON, SALIDA DE CARRO AL SIGUIENTE PUESTO				0.022					2	2	2	100	1,10	0,022	
12		LEER CODIGO DE BARRAS				0.235					20	22	22	100	1,10	0,235	
13		CON BROCHA DAR RUST-VETO A ZONAS MECANIZADAS DE TAPAS				0.249					24	22	22	100	1,10	0,249	
14		DESBLOCAR CARRO- GIRAR Y BLOCAR CARRO				0.110					10	10	10	100	1,10	0,110	
15		COMPROBAR LLENADO DE GRASA CON VARILLA NIVEL DE-20168 APRETANDOLO CON LLAVE EXAGONAL				0.620					57	55	57	100	1,10	0,620	
16		DESBLOCAR CARRO- GIRAR Y BLOCAR CARRO				0.110					10	10	10	100	1,10	0,110	
17		VOLTEAR BINOCULARES Y MASAJEAR EJES				0.220					20	20	20	100	1,10	0,220	
18		COMPROBAR HOLGURAS CON GALGAS Y CON BUTEROLA CORREGIR HOLGURA				0.370					35	32	34	100	1,10	0,370	
19		VOLTEAR BINOCULARES				0.127					10	12	12	100	1,12	0,127	
20		DESBLOCAR CARRO- GIRAR Y BLOCAR CARRO				0.110					10	10	10	100	1,10	0,110	
		EMBALAJE															
21		COLOCAR (2) PROTECCIONES EN EJES				0.125					10	12	12	100	1,10	0,125	
22		CON CUCHILLA CORTAR TROZOS DE TUBO PROTECTOR				0.049			1/7		32	30	32	100	1,10	0,345	
23		ALCANZAR POLIPASTO - ENGANCHAR EN CONJUNTO Y TENSAR				0.411					40	35	35	100	1,12	0,411	
24		CON PISTOLA NEUMATICA AFLOJAR (2) TORNILLOS DE CARRO				0.299					30	25	25	100	1,12	0,299	
25		DESENCAJAR CONJUNTO - SACARLO Y LLEVAR A MESA DESENCAJAR - RETIRAR POLIPASTO Y RECOLOCAR PIEZA				0.620					55	58	53	100	1,12	0,620	
26		VERIFICAR CON CALIBRE TAMPON DE ROSCA P/NP				0.477					45	43	42	100	1,10	0,477	
27		REPASAR ROSCA CON MANERAL				0.127			1/5		65	55	50	100	1,12	0,635	
28		PULSAR BOTON, SALIDA DE CARRO AL SIGUIENTE PUESTO				0.022					2	2	2	100	1,10	0,022	

Figura 6. 4: Proceso operación 40 (1/2).

PIEZA N°	OPER. N°	DPTO.	MAQUINA N°	CODIGO MAQUINA	FECHA	OPERARIO	INGENIERO
DE-20087	40	953		Y-67-53	*****		
DESCRIPCION OPERACION : CERRAR TAPONES						DESIGNACION DE LA PIEZA :	
PRUEBA DE FUGAS Y EMBALAJE						ROW UNIT	
						D P T NUEVO REV. TEMP. RCK. STD. RETIRADO	
						X	
CODIGO OCC.	CAT.	HRS. STD./100 PZAS	(MONTAR)	(DESMONTAR)	W.A.F.	OBSERVACIONES:	
	5	23	HRS. STD./100	HRS. STD./100	---		
RAZON DEL CAMBIO :							
MATERIAL: TAMAÑO = ---- PZAS. PESO JDM PIEZA TAMAÑO PESO							
EQUIPO:							
OBSERVACIONES CROQUIS, ZONA DE TRABAJO, ETC...							
<p>2 OPERARIOS</p> <p>11,5 HRS. STD CADA OPERARIO</p>							
<p>MINUTOS "D" STD. TRAB. 13,012</p> <p>MINUTOS "R" STD. TRAB.</p> <p>TOLERANCIA RETRASO INHERENTE</p> <p>TOTAL MINUTOS STANDARD 13,012</p> <p>TOTAL</p> <p>MIN. STD.</p> <p>13,012 X 1,06 HRS. STD./100</p> <p>13,792 X 1,667 PIEZAS</p> <p>PZAS./CICLO 1 1 = 23</p> <p>CICLO TEORICO</p> <p>CT = "D" + "R" / 1,30 = 10,009</p> <p>HRS. MAQ./100 PZAS</p> <p>CT. x 1,06 x 1,667 = 17,7</p>							
<p>NOTA.- El metodo aprobado es el que se detalla en este formulario,ningun cambio de metodo puede ser hecho por el operario sin contar con la aprobacion de la Compañia indicado por la emision de una revision .</p>							

Figura 6. 6: Resumen hoja estándar.

Finalmente, y con los minutos estándar totales que lleva realizar el proceso, se transforman en horas estándar. Las horas estándar muestran el tiempo que se tarda en realizar 100 piezas. Este dato se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Horas estándar/100 piezas} = \text{Minutos estándar} * JDF * 1.667$$

El factor JDF representa el tiempo de interferencia que pueda tener un operario a lo largo de su turno de trabajo, representa en definitiva aquellos trabajos o interrupciones no medibles, no directamente relacionadas con el numero de piezas. Este tiempo varía desde un 4% para maquinas individuales a 6% para células y líneas de producción. Este tiempo equivale entre 19 y 29 min para una jornada de 8h e incluye:

- Hablar con supervisor, ingeniero, reunión inicio turno, etc....
- Preparar y organizar material y herramientas.
- Ponerse y quitarse elementos, guantes, gafas, etc.
- Encendido y apagado de equipos.

En este caso el JDF es de un 6%.

El valor de 1,667 proviene de la siguiente conversión:

$$1 \text{ minuto sexagesimal} = 1,667 \text{ minutos centesimal}$$

Tal y como indican las directrices del *Lean Manufacturing*, se comprueba que las hojas estándares muestran fielmente la realidad y en base a ellas se toman los datos que se van a usar en la realización del VSM. Para el resto de operaciones solo se mostrarán las hojas resumen.

Además es necesaria la siguiente información para realizar los VSM.

- $C/T = 13.012$ (minutos estándar obtenidos anteriormente).
- 23 horas estándar por 100 piezas.
- Número de operarios por puesto y día.
- Cambio de referencia = 0
- disponibilidad de la línea es del 80%, obtenido este dato de datos acumulados de 3 trimestres consecutivos del año 2.008.
- El tiempo de trabajo real es de 480 minutos, es decir, una jornada de 8h (según convenio del metal y JDISA).
- Además, según convenio interno de JDISA, los operarios de la cadena deben trabajar al 140%. Este dato será tenido en cuenta a lo largo de todas las operaciones.
- La operación número 40 es especial con respecto al resto, ya que siempre tienen que trabajar dos operarios juntos. El tiempo estándar total hay que dividirlo entre ambos. (ver especificación en la figura 6.6.).
- En cada caja de embalaje de plástico caben 9 unidades de *Row unit*. En un contenedor de transporte caben 36 cajas de plástico.

Además del puesto anterior, conocido como operación 30 las cajas llegan prácticamente terminadas, tal y como se vio en el capítulo anterior, por lo que se puede considerar que según sale la caja del puesto anterior es recepcionada por el operario de este puesto de forma casi inmediata.

No se van a analizar piezas a la hora de realizar el VSM de este puesto.

Con estos datos se realizan los siguientes cálculos:

- $tiempo\ total = 8\ h * 1,4 = 11,20\ horas$

Es decir, un operario trabajando al 140% es lo mismo que si trabajara 11,20 horas al 100%.

Por medio de una sencilla regla de 3 se puede comprobar que las piezas que realiza un operario en un turno son:

$$\begin{array}{rcl} 23\ horas\ estándar / 100\ piezas & - & 100\ piezas \\ 11,20\ horas & - & X \end{array}$$

De este modo:

$$X = N^{\circ}\ piezas\ por\ operario\ al\ día = \frac{11,20 * 100}{23} = 48\ piezas\ por\ operario$$

$$48\ uds * 6\ operarios\ al\ día = 292\ unidades / día$$

$$292\ unidades / día * 0,8\ (disponibilidad\ de\ línea) = 233\ unidades / día$$

Este sería el valor máximo de piezas que se podría realizar en este puesto, pero esta limitado por el puesto de la operación 30, que como se verá a continuación solo puede producir 223 piezas diarias. Este será el valor tomado.

9 uds en cada caja

36 cajas en cada contenedor

$$9\ uds \times 36\ cajas = 324\ unidades\ en\ un\ contenedor$$

$$\frac{324\ uds}{223\ uds\ al\ día} \approx 1.5\ días$$

Por otro lado, del puesto anterior (operación 30), llegan las cajas prácticamente terminadas. El tiempo en espera de estas piezas en la transición de la operación 30 a la 40 es mínimo, se representa en el mapa de valor con un sistema FIFO o PEPS, la primera pieza en entrar es la primera en salir.

Una vez que se tienen estos datos, se realiza el mapa de valor:

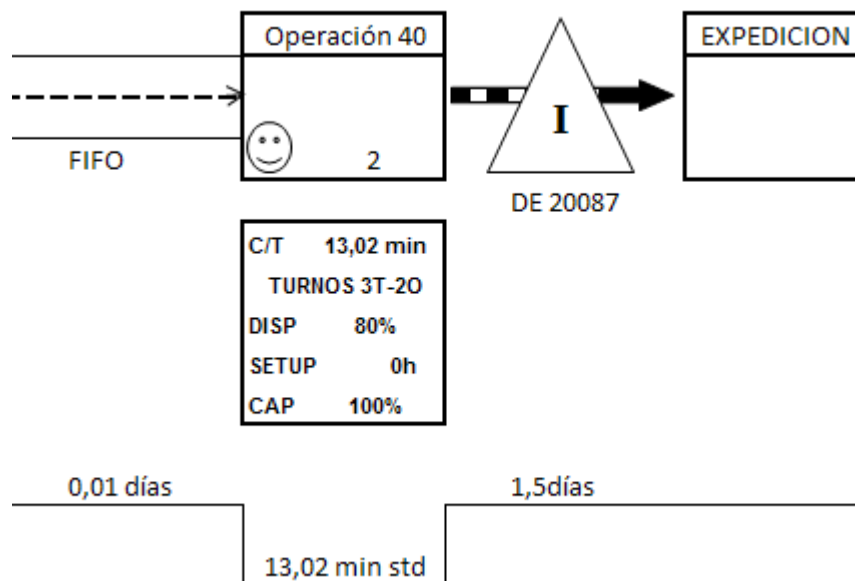


Figura 6. 7: Mapa de valor de la operación 40.

6.5.2. OPERACIÓN 30

De igual modo que en la operación anterior, se presenta la siguiente hoja estándar.

PIEZA N° DE-20087		OPER. N° 30	DPTO. 953	MAQUINA N°	CODIGO MAQUINA Y-67-53	FECHA *****	OPERARIO	INGENIERO
DESCRIPCION OPERACION : MONTAR FITTING Y TAPON ROSCADO MONTAR PIÑA - EJE CORONA - BINOCULAR RODAR							DESIGNACION DE LA PIEZA :	
CODIGO OCC.							ROW UNIT	
CAT. 5	HRS. STD./100 PZAS 36,6	(MONTAR) HRS. STD./100	(DESMONTAR) HRS. STD./100	W.A.F.	D P T NUEVO REV. TEMP. RCK. STD. RETIRADO			
RAZON DEL CAMBIO :SE INCLUYE REGLAJE							OBSERVACIONES:	
MATERIAL: TAMAÑO = ---- PZAS. PESO JDM								
EQUIPO:								
OBSERVACIONES							CROQUIS, ZONA DE TRABAJO, ETC...	
							MINUTOS "D" STD. TRAB. 20,735	
							MINUTOS "R" STD. TRAB.	
							TOLERANCIA RETRASO INHERENTE	
							TOTAL MINUTOS STANDARD 20,735	
							TOTAL	
							MIN. STD. 20,735 X 1,06	
							21,979 X 1,667	
							PZAS./CICLO 1 1 =	
							CICLO TEORICO	
							CT = "D" + "R" / 1,30 = 15,950	
NOTA.- El metodo aprobado es el que se detalla en este formulario,ningun cambio de metodo puede ser hecho por el operario sin contar con la aprobacion de la Compañia indicado por la emision de una revision .							HRS. MAQ./100 PZAS	
							CT. x 1,06 x 1,667 = 28,2	

Figura 6. 8: Hoja estándar resumen de la operación 30.

De esta hoja obtenemos dos datos principales, los minutos estándares y las horas estándares, marcados en la figura.

Se realizan los siguientes cálculos:

$$\begin{array}{rcl}
 36,6 \text{ horas estándar} / 100 \text{ piezas} & - & 100 \text{ piezas} \\
 11,20 \text{ horas} & - & X
 \end{array}$$

De este modo:

$$X = N^{\circ} \text{ piezas por operario al día} = \frac{11,20 * 100}{36,6} \approx 31 \text{ piezas por operario}$$

Existen 3 puestos de montaje de esta operación como se puede ver tanto en la figura siguiente como en el *Layout* del puesto de montaje en el capítulo anterior. Por estos puestos pasan 3 operarios al día, lo que hace un total de 9 operarios.

$$31 \text{ uds} * 9 \text{ operarios al día} = 279 \text{ unidades/día}$$

$$279 \text{ unidades/día} * 0,8 \text{ (disponibilidad de línea)} = 223 \text{ unidades/día}$$

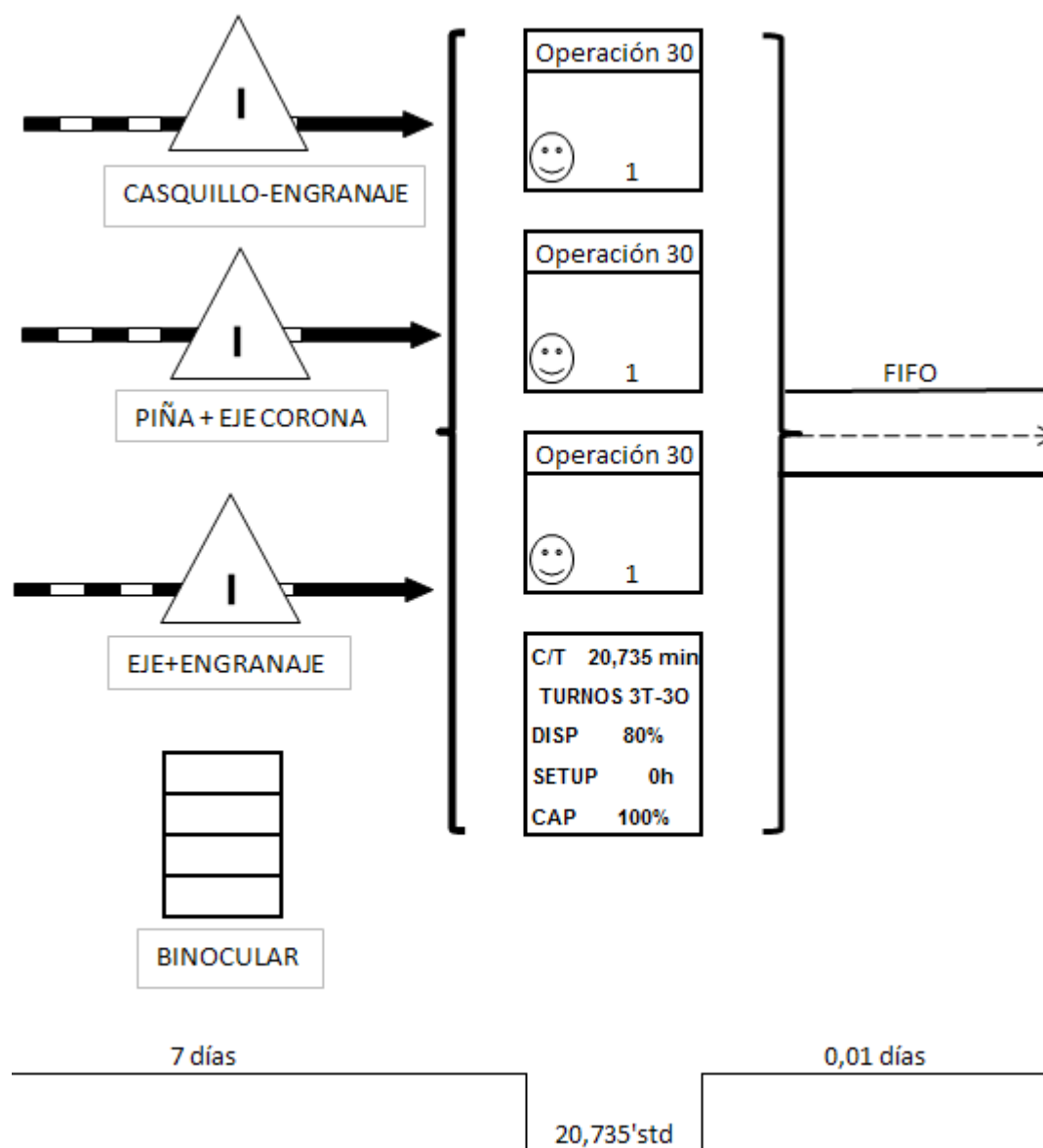


Figura 6. 9: VSM_operación_30.

En este caso si hay un stock previo que hay que analizar. Para realizar este análisis hay que tener el número máximo de piezas analizadas que se pueden encontrar en la minifábrica. En este puesto se analizan cuatro componentes principales:

- Casquillo – Engranaje

Para estos elementos hay disponibles 2 racks capaces de transportar 500 unidades de cada componente.

$$\frac{(500 * 2) = 1000 \text{ uds}}{223 \text{ uds al día}} \approx 4,5 \text{ días}$$

- Piña + Eje corona

Cada embalaje de estas unidades es capaz de transportar 380 unidades. Existen además 3 cajones en la línea, uno por puesto de montaje y otro de reserva en un almacén interno dentro de la minifábrica de cajas ligeras. Este material proviene de otra de las minifábricas de JDISA como es Ejes y Engranajes.

Para ver cuántos días de stock hay almacenado, se divide el número de piezas total entre el valor de piezas necesarias para cubrir un día de trabajo.

$$\frac{(380 * 4) = 1520 \text{ uds}}{223 \text{ uds al día}} \approx 6,8 \text{ días}$$

- Eje + Engranaje

De igual modo que las piezas anteriores, el cálculo de estas piezas se realiza de igual forma. En este caso cada rack es capaz de transportar 400 unidades.

$$\frac{(400 * 4) = 1200 \text{ uds}}{223 \text{ uds al día}} \approx 7 \text{ días}$$

- Binoculares

En este caso, el material proviene de otro puesto de montaje. Este es un pequeño stock de seguridad entre líneas. Este material almacenado se corresponde claramente con un IPK. En este caso el IPK se realiza sin tarjetas, sino de forma visual. Las unidades son almacenadas en unos carros específicos, que se muestran en la figura 6.10.



Figura 6. 10: Carro IPK binoculares

Cada uno de estos carros tiene una capacidad máxima de 30 unidades. Se dispone en la línea de espacio para siete de estos carros. Por lo tanto:

$$\frac{(30 * 7) = 210 \text{ uds}}{223 \text{ uds al día}} \approx 0,9 \text{ días}$$

Como se puede observar en la figura 6.9. de VSM, se señala el mayor valor de todos los obtenidos.

6.5.3. OPERACIÓN 20

Se procede de igual modo que en las operaciones anteriores seleccionando los datos marcados.

PIEZA N°	OPER. N°	DPTO.	MAQUINA N°	CODIGO MAQUINA	FECHA	OPERARIO	INGENIERO
DE-20087	20	953		Y-67-53	#####		
DESCRIPCION OPERACION :						DESIGNACION DE LA PIEZA :	
PREMONTAJE BINOCULARES						ROW UNIT	
						D P T NUEVO REV. TEMP. RCK. STD. RETIRADO	
						X	
CODIGO OCC.	CAT.	HRS. STD./100 PZAS	(MONTAR)	(DESMONTAR)	W.A.F.	OBSERVACIONES:	
	5	9,7	HRS. STD./100	HRS. STD./100	---		
RAZON DEL CAMBIO :							
MATERIAL: TAMAÑO = PZAS. PESO JDM PIEZA TAMAÑO PESO							
EQUIPO:							
OBSERVACIONES CROQUIS, ZONA DE TRABAJO, ETC...							
ANULADO							
NOTA.- El metodo aprobado es el que se detalla en este formulario,ningun cambio de metodo puede ser hecho por el operario sin contar con la aprobacion de la Compañia indicado por la emision de una revision .							
						MINUTOS "D" STD. TRAB. 5,482 MINUTOS "R" STD. TRAB. TOLERANCIA RETRASO INHERENTE TOTAL MINUTOS STANDARD 5,482 TOTAL MIN. STD. 5,482 X 1,06 5,811 X 1,667 PZAS./CICLO / 1 = 9,7 CICLO TEORICO CT = "D" + "R"/1,30 = 4,217 HRS. MAQ./100 PZAS CT. x 1,06 x 1,667 = 7,5	

Figura 6. 11: Hoja estándar resumen de la operación 20.

Se realizan los siguientes cálculos:

$$\begin{array}{rcl} 9,7 \text{ horas estándar/100 piezas} & - & 100 \text{ piezas} \\ 11,20 \text{ horas} & - & X \end{array}$$

De este modo:

$$X = N^{\circ} \text{ piezas por operario al día} = \frac{11,20 * 100}{9,7} = 115 \text{ piezas por operario}$$

$$115 \text{ unidades} * 3 \text{ operarios al día} = 345 \text{ unidades/día}$$

$$345 \text{ unidades/día} * 0,8 \text{ (disponibilidad de línea)} = 276 \text{ unidades/día}$$

Para el consumo de stock se analizan solo los siguientes elementos de montaje:

- Carcasa binoculares

Estas carcasas son depositadas directamente en la línea y almacenes internos de la línea por el proveedor. Cada rack transporta 27 unidades, el máximo de racks que puede almacenar la línea son 27 correspondientes a 5 zonas de 5 alturas y dos en la línea de montaje. Esto hace un total de 729 unidades.

DESTINATARIO JOHN DEERE IBERICA,S.A.		MINIFABRICA / MONTAJE CL - ROW UNIT	
CÓDIGO DE EXTERIOR (E) 123189		PROVEEDOR AUXIM,S.A.	
REFERENCIA DE LA PIEZA (P) CE20045		P.NETO (KG)	P.BRUTO (KG)
CANTIDAD (Q) 27		Nº CAJAS 6	
PROVEEDOR (V) 06335		DESCRIPCION BINOCULAR	
NUM.DE PEDIDO (SMG)		Nº REFERENCIA PROVEEDOR (BA) 20.061,00	
		FECHA	MODIFICACIONES INGENIERIA
		Nº DE LOTE (R) 35910	

Figura 6. 12: Tarjeta carcasa binocular.

$$\frac{(27 * 27) = 729 \text{ uds}}{223 \text{ uds al día}} \approx 3.4 \text{ días}$$

- Premontaje Eje

$$\frac{(100 * 4) = 500 \text{ uds}}{204 \text{ uds al día}} \approx 2.4 \text{ días}$$

De esta forma se obtiene lo siguiente:

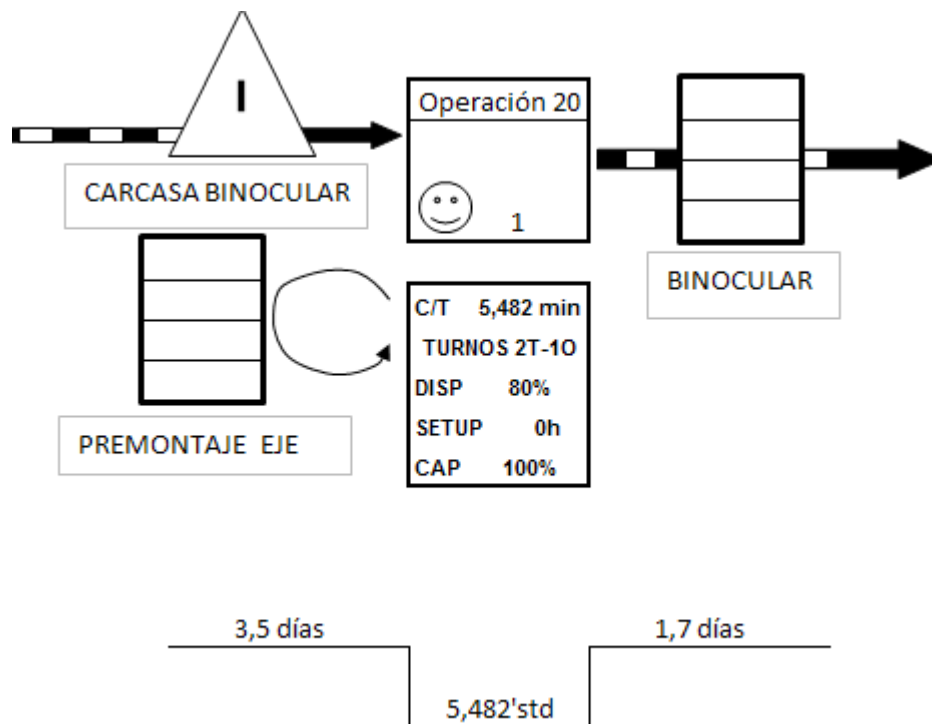


Figura 6. 13: Mapa de valor de la operación 20

6.5.4. OPERACIÓN 10

El operario que realice esta operación debe trabajar en dos puestos distintos. Uno es el proemontaje de casquillos y engranajes (es un puesto independiente) y otro en la propia línea de montaje. Es por este motivo que en la hoja estándar se pueden apreciar dos valores distintos que suman las 11,6 horas totales.

El primero de 9 horas corresponde al trabajo realizado en la cadena de montaje.

El segundo de 2,6 horas corresponde al trabajo realizado en el premontaje.

Capítulo 6: Realización del Mapa de Flujo de Valor

PIEZA N°	OPER. N°	DPTO.	MAQUINA N°	CODIGO MAQUINA	FECHA	OPERARIO	INGENIERO
DE-20087	10	953		Y-67-53	*****		
DESCRIPCION OPERACION :						DESIGNACION DE LA PIEZA :	
ENGRANAJE - CASQUILLO						ROW UNIT	
MONTAJE EJE ENTRADA Y EJE IDLER						D P T NUEVO REV. TEMP. RCK. STD. RETIRADO	
CODIGO OCC.	CAT.	HRS. STD./100 PZAS	(MONTAR)	(DESMONTAR)	W.A.F.		
	5	11,6	HRS. STD./100	HRS. STD./100	---		
RAZON DEL CAMBIO :						OBSERVACIONES:	
MATERIAL: TAMAÑO							
= ---- PZAS. PESO JDM							
PIEZA TAMAÑO PESO							
EQUIPO:							
OBSERVACIONES						CROQUIS, ZONA DE TRABAJO, ETC...	
<p>APLICAR</p> <p>3501 9 HRS.STD 6182 2,60 HRS.STD</p>						<p>MINUTOS "D" STD. TRAB. 6,546</p> <p>MINUTOS "R" STD. TRAB. 0,000</p> <p>TOLERANCIA RETRASO INHERENTE</p> <p>TOTAL MINUTOS STANDARD 6,546</p>	
						<p>TOTAL</p> <p>MIN. STD.</p> <p>6,546 X 1,06 HRS. STD./100</p> <p>6,939 X 1,667 PIEZAS</p> <p>PZAS./CICLO 1 1 = 11,6</p> <p>CICLO TEORICO</p> <p>CT = "D" + "R"/1,30 = 5,035</p> <p>HRS. MAQ./100 PZAS</p> <p>CT. x 1,06 x 1,667 = 8,9</p>	
<p>NOTA.- El metodo aprobado es el que se detalla en este formulario,ningun cambio de metodo puede ser hecho por el operario sin contar con la aprobacion de la Compañia indicado por la emision de una revision .</p>							

Figura 6. 14: Hoja estándar resumen de la operación 10.

Se realizan los siguientes cálculos:

Para el puesto en la cadena:

$$\begin{array}{rcl} 9 \text{ horas estándar} / 100 \text{ piezas} & - & 100 \text{ piezas} \\ 11,20 \text{ horas} & - & X \end{array}$$

De este modo:

$$X = N^{\circ} \text{ piezas por operario al día} = \frac{11,20 * 100}{9} = 124 \text{ piezas por operario}$$

$$124 \text{ unidades} * 3 \text{ operarios al día} = 372 \text{ unidades/día}$$

$$345 \text{ unidades/día} * 0,8 \text{ (disponibilidad de línea)} = 297 \text{ unidades/día}$$

Como el puesto de la operación 30, que es el que limita la producción, realiza 223 piezas por día, este es el valor que al menos tienen que realizar los operarios de este puesto para que no se atasque la cadena.

$$\begin{array}{lcl} 297 \text{ piezas} & - & \text{trabajando el 100\% tiempo} \\ 223 \text{ piezas} & - & X \end{array}$$

$$X = \text{porcentaje de tiempo invertido en este premontaje} = \frac{223 * 100}{297}$$

$$= 75 \% \text{ tiempo}$$

Para el puesto de premontaje:

$$\begin{array}{lcl} 2,6 \text{ horas estándar/100 piezas} & - & 100 \text{ piezas} \\ 11,20 \text{ horas} & - & X \end{array}$$

De este modo:

$$X = \text{Nº piezas por operario al día} = \frac{11,20 * 100}{2,6} = 430 \text{ piezas por operario}$$

$$430 \text{ unidades} * 3 \text{ operarios al día} = 1290 \text{ unidades/día}$$

$$1290 \text{ unidades/día} * 0,8 \text{ (disponibilidad de línea)} = 1032 \text{ unidades/día}$$

Como a los operarios solo les queda un 25 % de tiempo para realizar este premontaje:

$$0,25 * 1032 = 258 \text{ unidades al día}$$

Para el consumo de stock se analizan solo los siguientes elementos de montaje. El valor de las unidades viene dado por la capacidad de los racks:

- Eje Entrada

$$\frac{500 \text{ uds}}{223 \text{ uds al día}} \approx 2,2 \text{ días}$$

- Eje Idler

$$\frac{(380 * 2) = 720 \text{ uds}}{223 \text{ uds al día}} \approx 3,4 \text{ días}$$

- Conjunto Carcasa

$$\frac{300 \text{ uds}}{223 \text{ uds al día}} \approx 1.3 \text{ días}$$

De esta forma se obtiene lo siguiente:

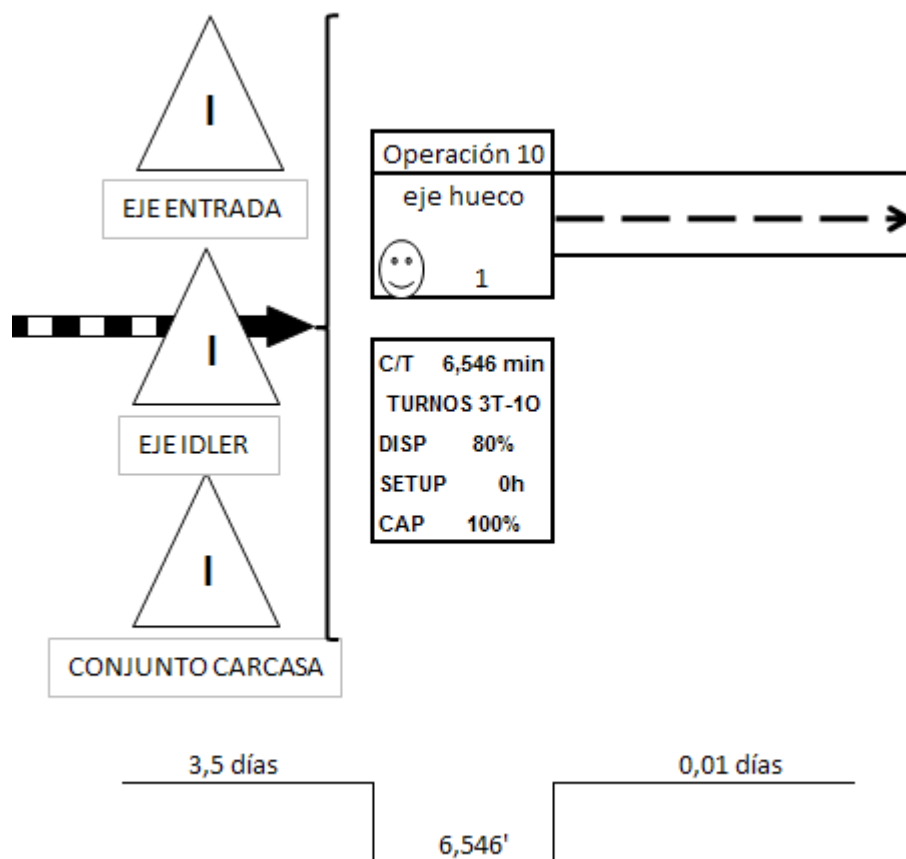


Figura 6. 15: VSM_operación_10.

6.5.5. OPERACIÓN 05

Al igual que la operación 20 en esta operación, que es la de los premontajes, se realizan varias operaciones distintas en puestos distintos. En la hoja de datos estándares (figura 6.16.) se puede apreciar también el desglose. Para calcular las piezas realizadas por día se realizan los mismos cálculos anteriores, pero se tiene en cuenta que el tiempo total diario del operario hay que repartirlo entre estas tres operaciones.

PIEZA N°	OPER. N°	DPTO.	MAQUINA N°	CODIGO MAQUINA	FECHA	OPERARIO	INGENIERO
DE-20087	5	953		Y-67-53	#####		
DESCRIPCION OPERACION: PREMONTAR CARCASA - MONTAR CARCASA PREMONTAJE TAPAS Y EJES BINOCULARES						DESIGNACION DE LA PIEZA:	
CODIGO OCC.						ROW UNIT	
CAT.	HRS. STD./100 CONJUN	(MONTAR)	(DESMONTAR)	W.A.F.			
5	10	HRS. STD./100	HRS. STD./100	---			
RAZON DEL CAMBIO:						OBSERVACIONES:	
MATERIAL: TAMAÑO						PESO JDM	
EQUIPO:						PIEZA TAMAÑO PESO	
OBSERVACIONES						CROQUIS, ZONA DE TRABAJO, ETC...	
APLICAR						ANULADO	
CARCASAS 6,06 HRS. STD						12/11/2009	
TAPAS 1,11/2= 0,555 HRS. STD							
EJES 2,83/4= 0,71 HRS. STD							
NOTA.- El metodo aprobado es el que se detalla en este formulario,ningun cambio de metodo puede ser hecho por el operario sin contar con la aprobacion de la Compañia indicado por la emision de una revision .							
MINUTOS "D" STD. TRAB						5,675	
MINUTOS "R" STD. TRAB						0,000	
TOLERANCIA RETRASO INHERENTE							
TOTAL MINUTOS STANDARD						5,675	
TOTAL							
MIN. STD.							
5,675 X 1,06						HRS. STD./100	
6,016 X 1,667						PIEZAS	
PIEZAS./CICLO 1 1 =						10,03	
CICLO TEORICO							
CT = "D" + "R"/1,30 =						4,365	
HRS. MAQ./100 PIEZAS							
CT. x 1,06 x 1,667 =						7,7	

Figura 6. 16: Hoja estándar resumen de la operación 5.

- Premontaje carcasa:

6,06 horas estándar/100 piezas — — — — — 100 piezas
11,20 horas — — — — — X

De este modo:

$$X = N^{\circ} \text{ piezas por operario al día} = \frac{11,20 * 100}{6,06} = 185 \text{ piezas por operario}$$

$$185 \text{ unidades} * 3 \text{ operarios al día} = 555 \text{ unidades/ día}$$

$$555 \text{ unidades/día} * 0,8 \text{ (disponibilidad de línea)} = 444 \text{ unidades/día}$$

Para tener equilibrada la línea y poder realizar los otros premontajes se estima que el tiempo necesario que el operario tiene que invertir en este premontaje es:

$$\begin{array}{lcl} 444 \text{ piezas} & - - - - - & \text{trabajando el 100\% tiempo} \\ 300 \text{ piezas} & - - - - - & X \end{array}$$

Se consideran 297 piezas, ya que el puesto siguiente monta 297 piezas al día y menos piezas podría suponer un atasco en la cadena.

$$\begin{aligned} X = \text{porcentaje de tiempo invertido en este premontaje} &= \frac{297 * 100}{444} \\ &= 66\% \text{ tiempo} \end{aligned}$$

- Premontaje tapas:

$$\begin{array}{lcl} 0,555 \text{ horas estándar/100 piezas} & - - - - - & 100 \text{ piezas} \\ 11,20 \text{ horas} & - - - - - & X \end{array}$$

De este modo:

$$X = \text{Nº piezas por operario al día} = \frac{11,20 * 100}{0,555} = 2036 \text{ piezas por operario}$$

$$2036 \text{ unidades} * 3 \text{ operarios al día} = 6108 \text{ unidades/ día}$$

$$6108 \text{ unidades/día} * 0,8 \text{ (disponibilidad de línea)} = 4486 \text{ unidades/día}$$

Para tener equilibrada la línea y poder realizar los otros premontajes se estima que el tiempo necesario que el operario tiene que invertir en este premontaje es:

$$\begin{array}{lcl} 4486 \text{ piezas} & - & \text{trabajando el 100\% tiempo} \\ 500 \text{ piezas} & - & X \end{array}$$

Se consideran 500 piezas ya que cada unidad de Row Unit monta dos tapas, es decir para una capacidad máxima de 250 cajas al día (valor delimitado por el cuello de botella en la operación 30), hay que montar 500 tapas (250 del lado izquierdo y 250 del lado derecho).

$$X = \text{porcentaje de tiempo invertido en este premontaje} = \frac{500 * 100}{4486}$$

$$= 11,1 \% \text{ tiempo}$$

- Premontaje Ejes:

$$\begin{array}{lcl} 0,71 \text{ horas estándar/100 piezas} & - & 100 \text{ piezas} \\ 11,20 \text{ horas} & - & X \end{array}$$

De este modo:

$$X = N^{\circ} \text{ piezas por operario al día} = \frac{11,20 * 100}{0,71} = 1576 \text{ piezas por operario}$$

$$1576 \text{ unidades} * 3 \text{ operarios al día} = 4728 \text{ unidades/día}$$

$$4728 \text{ unidades/día} * 0,8 \text{ (disponibilidad de línea)} = 3782 \text{ unidades/día}$$

Para tener equilibrada la línea y poder realizar los otros premontajes se estima que el tiempo necesario que el operario tiene que invertir en este premontaje es:

$$\begin{array}{lcl} 3782 \text{ piezas} & - & \text{trabajando el 100\% tiempo} \\ 552 \text{ piezas} & - & X \end{array}$$

Se consideran 552 piezas ya que estos premontajes son utilizados por el puesto de la operación número 20, que tiene una capacidad diaria de 276 piezas. Como cada unidad monta dos ejes, hace un total de 552 piezas.

$$X = \text{porcentaje de tiempo invertido en este premontaje} = \frac{552 * 100}{3782} \\ = 15 \% \text{ tiempo}$$

Estos porcentajes de tiempo son los tiempos mínimos que el operario debe de estar realizando estas operaciones.

Para el consumo de stock se analizan solo los siguientes elementos de montaje:

- Carcasa

Las carcasas se transportan en racks de 60 unidades. Existe una capacidad máxima para 12 racks en el almacén interno y 2 racks en la línea de montaje.



Figura 6. 17: Rack carcasa.

Esto hace un total de 840 unidades totales.

$$(12 + 2) * 60 = 840 \text{ unidades}$$

$$\frac{840 \text{ uds}}{223 \text{ uds al día}} \approx 3.7 \text{ días}$$

- Tapas

$$\frac{980 \text{ uds}}{223 \text{ uds al día}} \approx 5 \text{ días}$$

- Ejes Binocular

$$\frac{500 \text{ uds}}{223 \text{ uds al día}} \approx 2,3 \text{ días}$$



Figura 6. 18: Carro IPK ejes.

De esta forma se obtiene lo siguiente:

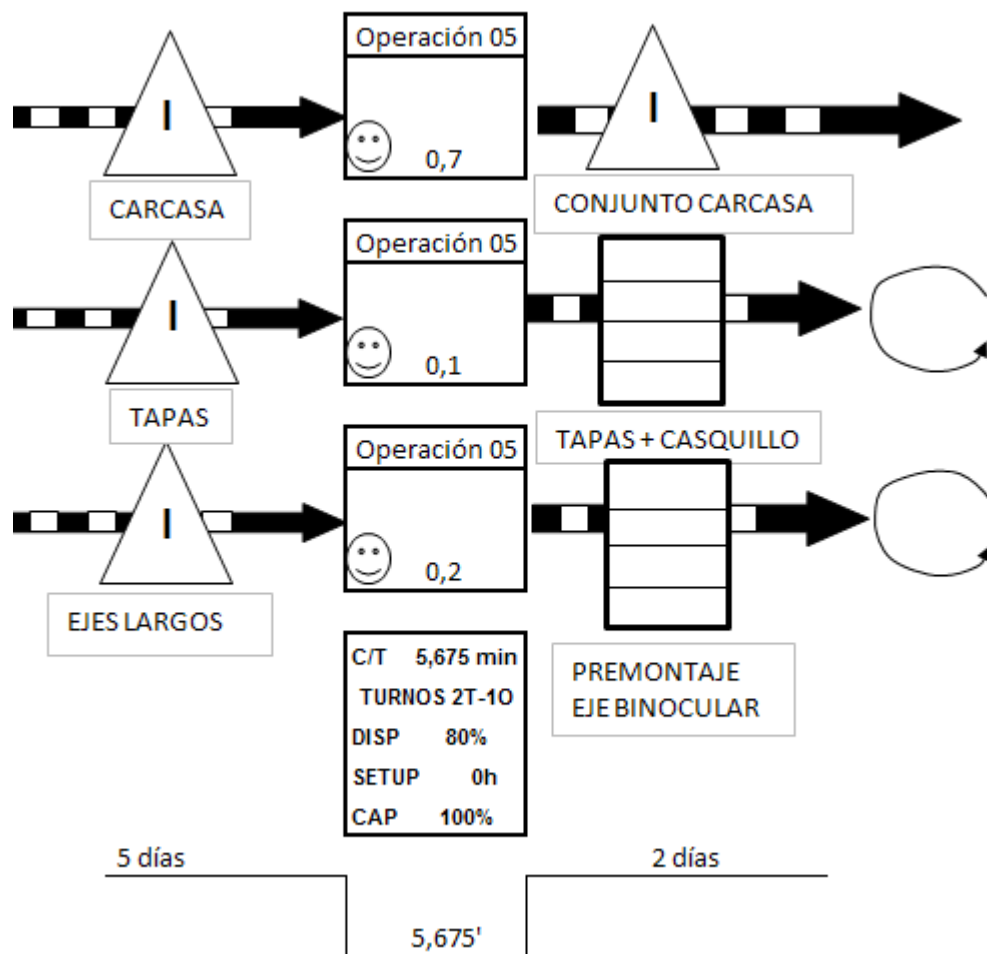


Figura 6. 19: Mapa de valor de la operación 5.

6.6. VSM FINAL

Finalmente se realiza un mapa de flujo de valor donde se incluyen todas las operaciones. A la hora de computar los tiempos de almacenaje de stock, se seleccionan los materiales que presentan una mayor restricción, es decir, los que mayor número de días almacenados se tiene. También se incluyen por separado si son materiales a los que se les haya añadido valor en la línea o no.

El resultado final se muestra en la figura 6.20.

Estado inicial - Row Unit

Fecha actualización: 31/10/2009 I.Torres

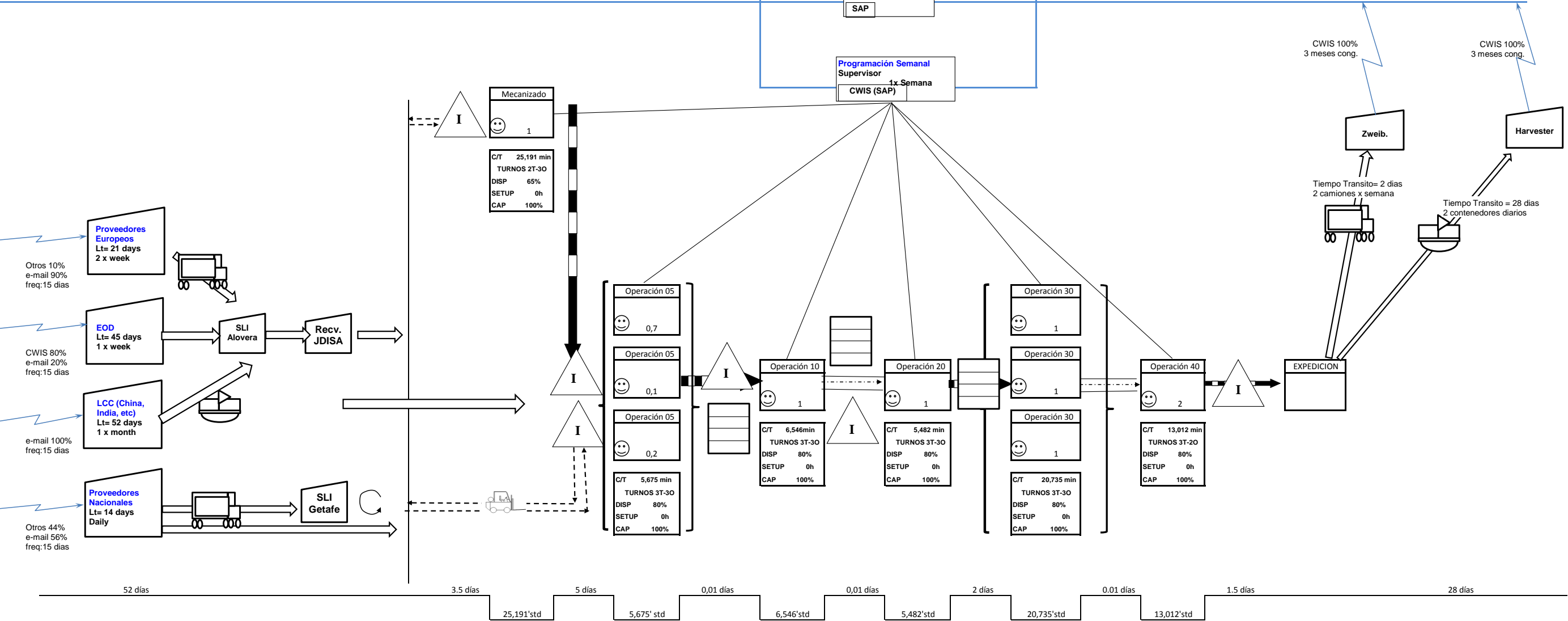


Figura 6,20: VSM ROW UNIT CURRENT STATE

Capítulo 7: Áreas y estudios de mejora

Estudio y mejora de una línea de montaje
mediante Lean Manufacturing

CAPITULO 7: ÁREAS Y ESTUDIO DE MEJORAS.

7.1. ÁREAS DE MEJORA Y FINALIZACIÓN DE VSM.

Para poder alcanzar la manufactura esbelta, no solo basta con localizar y eliminar el desperdicio o la muda que es evidente sino las fuentes que provocan dicho desperdicio. La fuente de desperdicio que suele ser más significativa es la “sobreproducción” y debe ser el principal objetivo a eliminar en el estado futuro.

Esta sobreproducción repercute en la realización de tareas, que deben ser eliminadas y que no agregan valor, como el manejo de material no necesitado, que:

- Es manipulado más de una vez.
- Es contado.
- Es Almacenado.
- Incrementa el *Lead Time*.
- Reduce flexibilidad.
- Oculta errores.
- Reduce capacidad.

Con el mapa de valor previo realizado en el capítulo 6 y estas directrices, se vuelve a la línea a localizar las fuentes de desperdicio. Las primeras tareas que no agregan valor al proceso son los materiales almacenados.

En primer lugar, valoran sobretodo los materiales de mayor volumen y precio. Estas son: carcasa principal y carcasa de los binoculares. ¿Es necesario tener tanto material almacenado? ¿Se puede reducir? ¿Cuánto?

En segundo lugar hay que tener en cuenta el conjunto de distintos ejes y engranajes que se utilizan en este producto. Al ser el principal proveedor de los mismos otra minifábrica situada en la misma factoría surge el escenario ideal para implantar un supermercado. ¿Es posible hacerlo?

En tercer lugar se aprecian los IPKs, ¿Por qué son tan elevados en número? ¿Se pueden reducir? ¿Por qué se producen?

La fuente de los IPKs, está principalmente en el desequilibrio que existe entre los procesos. Podrían reducirse si se equilibraran los puestos de montaje. ¿Se puede conseguir un equilibrado mayor entre los puestos de montaje?

De todas estas cuestiones surgen los siguientes proyectos que quedan reflejados en el VSM presentado en la figura 7.1.

Estos proyectos van acompañados por otros proyectos técnicos en los que se estaba trabajando previamente. Estos proyectos también son reflejados en el VSM al suponer una mejora en la línea.

Una vez que se tiene claro los proyectos en los que se va a trabajar, se realiza el VSM futuro. Hay que recordar que el VSM es sólo una herramienta que no tiene sentido, a menos que se consiga alcanzar el estado futuro. Es por esto que debe existir un plan anual que debe incluir:

- Implantación paso a paso.
- Metas alcanzables.
- Fechas y responsables.

A continuación se presentan los VSM del estado inicial con los proyectos de mejora en la figura 7.1. y el mapa del estado futuro con las estimaciones de ahorros en tiempos donde se pretende llegar en la figura 7.2.

Estado inicial - Row Unit

Fecha actualización: 31/10/2009 I.Torres

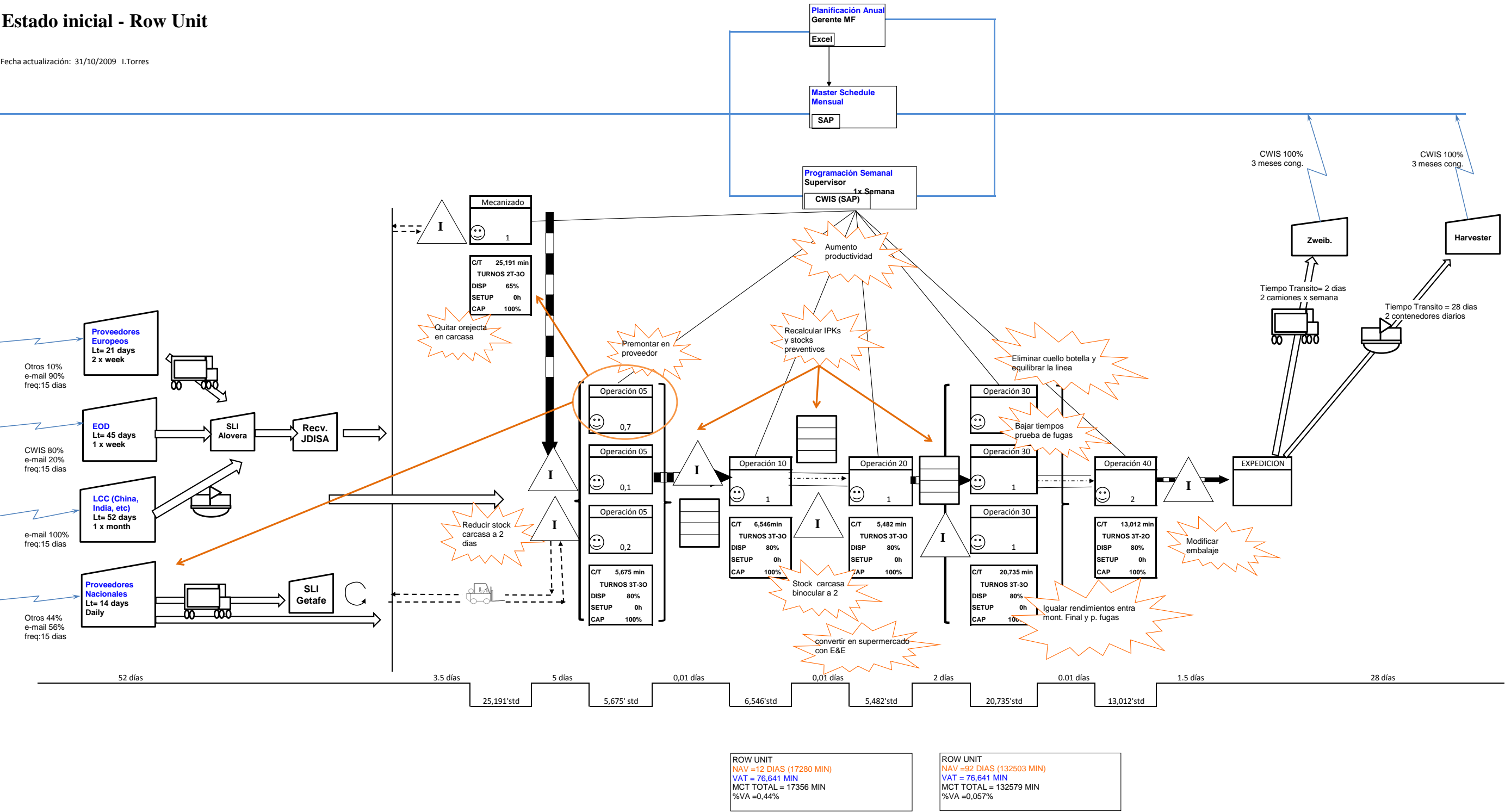


Figura 7.1: VSM ROW UNIT CURRENT STATE

Estado inicial - Row Unit

Fecha actualización: 31/10/2009 I.Torres

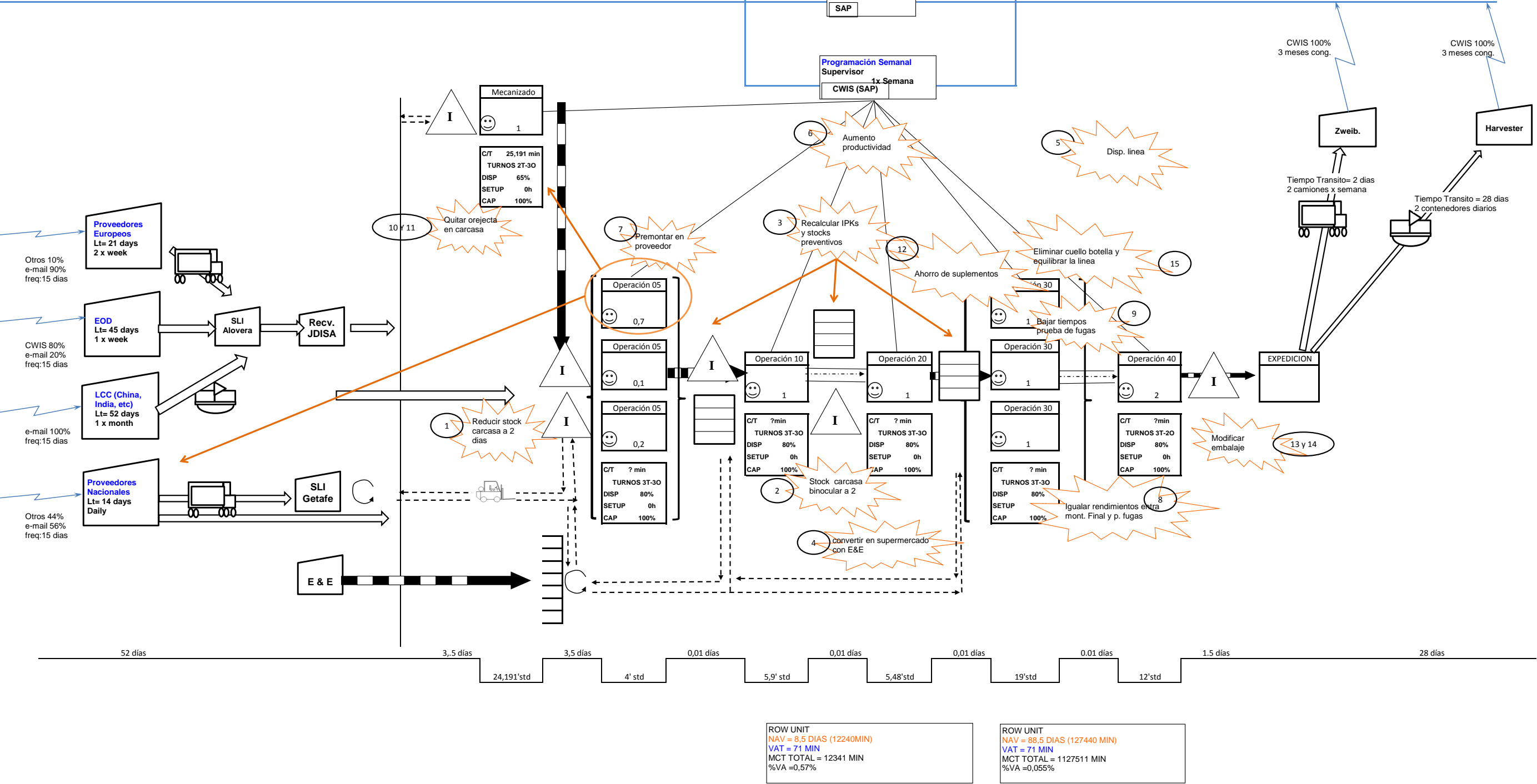


Figura 7.2: VSM ROW UNIT FUTURE STATE

7.2. ALCANZANDO EL VSM FUTURO

Tal y como se ha podido ver en capítulos anteriores, todas las mejoras de reducción de tiempos son importantes.

A continuación se exponen los distintos proyectos en los que se ha trabajado a lo largo del año fiscal 2.010 y el estado en el que se encuentra. Todos estos proyectos se han clasificado en cuatro grandes grupos que se desarrollaran posteriormente y donde se verán la forma de alcanzarlos. Estos grupos son:

- Reducción de stock (Ver 7.3.)
- Ajustes de stock entre puestos de la línea (Ver 7.4.)
- Mejoras de productividad (Ver 7.5.)
- Proyectos de ingeniería (Ver 7.6.)

Al final del presente capítulo se podrá comprobar la influencia que ha tenido el desarrollo de estos proyectos en la línea de estudio.

Los proyectos de mejora que han surgido de la realización del mapa de valor en la línea de montaje *Row Unit* son:

Nº	RESPONS.	MEJORAS PARA LINEA 2010	FECHA	STATUS
1	Compras	Reducir stock carcasa binocular CE20045 a 2 días	mar-10	IMPLANTADO
2	Compras	Reducir stock carcasa CE20668 a 2 días	mar-10	IMPLANTADO
3	Ing. Planta	Reestructurar lay out de premontajes, tiempos ciclo e IPKs	feb-10	IMPLANTADO
4	CL/E&E	Supermercado con E&E	sep-10	INCOMPLETO
5	Supervisor / Mto.	Aumentar disponibilidad de línea	abr-10	IMPLANTADO
6	CL	Mejora Productividad	oct-10	IMPLANTADO
7	Ing. Produccion	Premontar carcasa en proveedor	nov-09	IMPLANTADO
8	Ing. Produccion/ Supervisor	Eliminar la medición del gamma seal si pruebas ok. Fijas y regulación de prensa.	feb-10	DESCARTADO
9	Ing. Produccion/Diseñ	Bajar los tiempos de prueba de fugas row unit. Programa de Jose A.	feb-10	DESCARTADO
10	Ing. Produccion	Disminución tiempo ciclo mecanizado RU	mar-10	IMPLANTADO
11	Ing. Produccion	Quitar orejeta en CECCE20020 y mejorar tº mec.	jun-10	DESCARTADO
12	Ing. Produccion	Ahorro de suplementos. Tapas de fundido RU 05 más baratas y no montar suplementos.	feb-10	IMPLANTADO
13	Ing. Produccion/ ing. Planta	Análisis de contenedor para embalar 12 unidades.	sep-10	IMPLANTADO
14	Ing. Produccion/ Ing. Planta	Aprovechar espacio en cajones embalaje	sep-10	BAJO ESTUDIO
15	Ing. Manufa.	Eliminar cuello de botella en montaje final	abr-10	IMPLANTADO

Tabla 7. 1: Resumen proyectos.

7.3. MEJORAS DE STOCK

Nº	RESPONS.	MEJORAS PARA LINEA 2010	FECHA	STATUS
1	Compras	Reducir stock carcasa binocular CE20045 a 2 días	mar-10	IMPLANTADO
2	Compras	Reducir stock carcasa CE20668 a 2 días	mar-10	IMPLANTADO

Tabla 7. 2: Proyectos de mejora de stock.

La reducción de stock es la parte que, por lo general, más tiempo ocupa en las líneas de montaje. Sin embargo es complicado trabajar en las reducciones de stock, aunque pueda parecer sencillo. A la hora de reducir el stock es muy importante tener en cuenta los siguientes factores:

- Piezas diarias producidas: como mínimo tiene que haber stock para producir la cantidad de piezas contando todos los turnos.
- Inventario consumido diariamente: este valor va unido al anterior, aunque no tiene necesariamente que ser el mismo.
- Tiempo de desplazamiento del material: el tiempo de desplazamiento influye en el stock que tiene que ser necesario tener almacenado para que no se pare la línea desde que se pide material hasta que se sirve.
- Tipo de embalaje: la cantidad de unidades que puedan ser transportada influye a la hora de decidir cuántas piezas se tienen que tener almacenadas.

Lo ideal, tal y como se ha visto teóricamente, es conseguir un flujo continuo de material, pero en la realidad este es un proceso muy complicado, teniendo en cuenta además que los productos de John Deere Ibérica provienen de todas las partes del mundo. En ocasiones, el tiempo de algún proveedor en servir las piezas puede llegar a ser de más de dos meses (desde el pedido hasta llegar al destino).

Otro factor importante a tener en cuenta es el tipo de embalaje en el que viene el material. Este puede condicionar el número de unidades que pueden ser almacenadas en fábrica, o colocadas en el puesto de montaje. Además hay que analizar si económicamente compensa realizar este cambio.

Hay que tener en cuenta que es muy importante que la cadena de montaje no se pare por motivos de falta de material. Cada hora de parada supone al menos 9 personas sin producir.

En la línea de la *Row Unit* se va a trabajar principalmente en las siguientes reducciones de inventario.

- Reducción carcasa principal.
- Reducción carcasa binocular.

CARCASA PRINCIPAL CE20068

Como se ha visto en el capítulo 6 se tienen almacenadas 12 racks de 60 unidades y otros 2 racks en la línea de montaje. Esto hace un total de 840 unidades.

$$(12 + 2) * 60 = 840 \text{ unidades}$$

Dividiendo las unidades totales entre el número de piezas obteníamos un total de 3,7 días.

$$\frac{840 \text{ uds}}{223 \text{ uds al día}} \approx 3.7 \text{ días}$$

Para alcanzar un valor de 2 días realizamos el cálculo de forma inversa:

$$223 \text{ unidades al día} * 2 \text{ días} = 446 \text{ unidades}$$

Con la reducción de este stock se pretende además flexibilizar la cantidad de piezas por lo que se toma una primera medida de reducir las piezas por embalaje de 60 a 45 unidades. Esto se consigue sin modificar el embalaje y simplemente se dejan de rellenar la última fila del mismo. Ver figura 7.2.

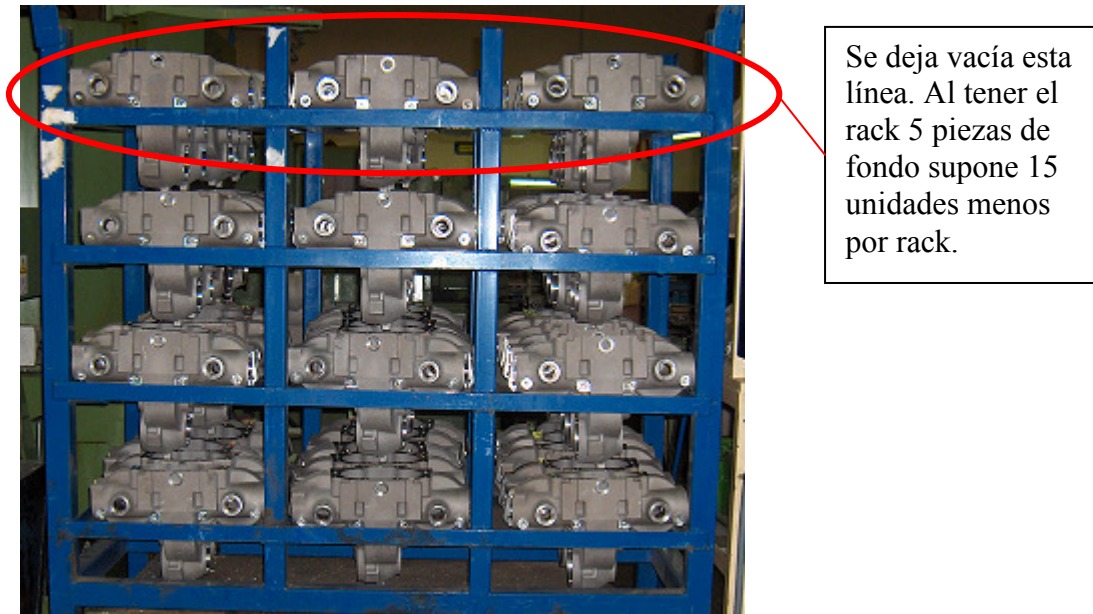


Figura 7. 3: Embalaje carcasa CE20668.

De esta forma para conseguir 2 días:

$$\frac{446 \text{ uds}}{45 \text{ uds por rack}} = 9,9 \text{ racks} \approx 10 \text{ racks}$$

CARCASA BINOCULAR CE20045

Como se ha visto en el capítulo anterior las carcasas de los binoculares CE20045 son transportadas en racks de 27 unidades y en el almacén hay capacidad para 27 racks.

DESTINATARIO JOHN DEERE IBERICA,S.A.		MINIFABRICA / MONTAJE CL - ROW UNIT	
ÁREA DE EXPEDICIÓN 123189		PROVEEDOR AUXIM,S.A.	
REFERENCIA DE LA PIEZA (P) CE20045		P.NETO (KG)	P.BRUTO (KG)
CANTIDAD (Q) 27		Nº CAJAS 6	
PROVEEDOR (V) 06335		DESCRIPCIÓN BINOCULAR	
NUM. DE PEDIDO (S/MG)		Nº REFERENCIA PROVEEDOR (BA) 20.061,00	
		FECHA	MODIFICACIONES INGENIERIA
		Nº DE LOTE (PI) 35910	

Figura 7.4: Tarjeta carcasa binocular.

Con estos datos y una producción de 223 unidades al día, se tiene:

$$\frac{729 \text{ uds}}{223 \text{ uds al día}} \approx 3.4 \text{ días}$$

Para alcanzar poder tener 2 días de stock se despeja de forma inversa obteniéndose:

$$2 \text{ días} * 223 \text{ unidades al día} = 446 \text{ unidades}$$

El rack donde son transportadas estas unidades está bien optimizado por lo que sería complicado y costos cambiar la cantidad que transporta. De esta forma, se dividen las unidades obtenidas entre el número de piezas por rack para así obtener el número total de racks que son necesarios.

$$\frac{446 \text{ unidades}}{27 \text{ uds por rack}} = 16,5 \text{ racks} \approx 17 \text{ racks}$$

Como el resultado no es exacto se decide reducir finalmente el stock de 27 a 17 racks, para ello se habla con el proveedor para el transporte de menos unidades y se consume el stock sobrante.

El resultado final son 2 racks en el puesto y 3 filas de 5 alturas para almacenar.

En ambos casos, el proveedor se encuentra situado a menos de 5 km de distancia de la fábrica. Esto facilita sobremanera el transporte continuo según *kanban* que indica el responsable de logística a diario.

En primer lugar hay que trasladar 2 días de inventario al proveedor con lo que ante cualquier avería hay dos días de material en la fábrica y 2 en el proveedor, este stock de seguridad en el proveedor no se tiene en cuenta en el MCT.

7.4. AJUSTES DE STOCK ENTRE PUESTOS DE LA LÍNEA

Nº	RESPONS.	MEJORAS PARA LINEA 2010	FECHA	STATUS
3	Ing. Planta	Reestructurar lay out de premontajes, tiempos ciclo e IPKs	feb-10	IMPLANTADO
4	CL/E&E	Supermercado con E&E	sep-10	INCOMPLETO

Tabla 7. 3: Proyectos mejora de IPK.

7.4.1. AJUSTES DE IPK. REESTRUCTURAR LAY OUT DE PREMONTAJES Y TIEMPOS DE CICLO.

Las justificaciones que se muestran a continuación están explicadas en detalle en los puntos 3.7.4 y 3.7.5 del capítulo 3, y concretamente en las opciones 3 y 4 de cálculo de IPKs.

Binocular min: 4 unidades: se necesita un binocular para colocar en la línea, hay dos prensas que hacen los binoculares de 2 en 2 por lo que al menos se necesita un IPK de 4 unidades.

Binocular Max: 120 unidades: Maquina crítica, si se para la prensa se para la línea.

Esto equivale a un turno y medio de trabajo, que es el tiempo del que dispone mantenimiento para reparar las máquinas críticas ante cualquier tipo de avería (se disponen de repuestos ante cualquier modo de fallo posible).



Figura 7. 5: IPK binoculares.

Tapas min: 2 urnas de 6 tapas cada urna: se necesita un juego de tapas por cada línea mínimo

Tapas Max: 16 urnas (96 tapas) justificación de movilidad entre premontajes

Ejes binocular min: 4

Ejes binocular Max: 300 (3x100) justificación sólo hay un premontaje de ejes y hay 2 prensas que consumen dichos ejes; por lo tanto se necesitan 3 carros. Con una capacidad de 100 ejes cada carro.

UNIDAD	REFERENCIA	DESCRIPCION	IPK TEORICO		IPK ACTUAL		IPK DESEADO	
			MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
R.U.	De19883/4	TAPAS	12	96	12	96	12	96
	DE20167	EJE BIN.	8	300	8	500	8	300
	DE20089	BINOCULAR	4	120	4	210	4	120
	DE20188	CASQUILLO & ENGRANAJE	4	90	4	1000	4	200

Tabla 7. 4: Tabla resumen IPK.

La reducción de los IPKs se produce de manera interna. Para conseguirlo se reduce la cantidad de contenedores dedicados a almacenar los premontajes en cuestión. En segundo lugar se dan instrucciones a los operarios para que dejen de producir si se llega

al máximo de las unidades deseadas. Con la reestructuración de los *Layout* se acaba finalmente por llegar a los valores deseados.

La implantación de un supermercado con ejes y engranajes no se ha llegado a realizar plenamente. Si se adecuado un sitio para almacenar los embalajes preparados para su uso y los operarios de la línea van a por ellos cuando lo necesitan.

Lo que falla en este supermercado es la comunicación entre la línea y la producción de esta importante materia prima, aunque ya se están tomando medidas para su conversión definitiva.

7.4.2. IMPLANTACION SUPERMERCADO CON E&E

Como se ha podido ver en apartados anteriores, existen varios productos suministrados por la minifábrica de Ejes y Engranajes de John Deere Ibérica a la línea de estudio. Tanto en la propia línea de estudio, como en la minifábrica de Ejes y Engranajes existen áreas destinadas al almacenamiento de estos materiales.

Con la implantación de este sistema, quedan únicamente áreas de almacenaje en la minifábrica de Ejes y Engranajes. Estas áreas son situadas en sitios accesibles y cercanos a la minifábrica de Cajas Ligeras, pudiendo los propios operarios de la *Row Unit* servirse del material necesario.

En el resumen de proyectos consta como en proceso, ya que aunque el sistema funciona actualmente como un supermercado, no existe comunicación real entre la línea y la producción mas allá de la visual.

Teóricamente el funcionamiento es válido, aunque en la realidad pueden darse casos de desabastecimiento o acumulación de exceso de material.

7.5. MEJORAS DE PRODUCTIVIDAD

Nº	RESPONS.	MEJORAS PARA LINEA 2010	FECHA	STATUS
5	Supervisor / Mto.	Aumentar disponibilidad de línea	abr-10	IMPLANTADO
6	CL	Mejora Productividad	oct-10	IMPLANTADO

Tabla 7. 5: Proyectos de productividad.

Según la RAE, definimos productividad como:

- Capacidad o grado de producción por unidad de trabajo, superficie de tierra cultivada, equipo industrial, etc.
- En economía, es la relación entre lo producido y los medios empleados, tales como mano de obra, materiales, energía, etc.

Con la productividad se pueden evaluar la capacidad de un sistema para realizar productos y el grado en el que se aprovechan los recursos. En una empresa supone el rentabilizar los recursos y aumentar por tanto los beneficios obtenidos.

En las líneas de montaje que se tratan en este proyecto, se trata de optimizar los factores que influyen en el rendimiento tales como mejoras de procesos, reducción de incidencias, inversión de recursos, etc. Siempre enfocado a un aumento en la productividad y hacer más rentable la explotación del negocio.

Para entender los cálculos posteriores se introducirán los siguientes conceptos nuevos.

- Output: Horas productivas para obtener piezas (no cuentan en el output piezas defectuosas que haya que reprocesar).
- Input: Horas de presencia en el puesto. No se incluyen las horas de formación, horas sindicales, etc.
- Presencia: Horas de presencia en fábrica.
- $Efectividad = \frac{Output}{Input}$

- $Productividad = \frac{Output}{Presencia}$

La unidad *Row Unit*, es una caja relativamente moderna en JDISA. Debido a este motivo, únicamente se tienen datos de productividad del año fiscal 2.009. Es con este año con el que se va a realizar la comparativa de productividad.

Los datos de las incidencias ocurridas en la línea de montaje son registrados por los operarios y revisados por el supervisor diariamente. Estos datos, son analizados por los departamentos vinculados a producción que influyen tratando de reducir las paradas en la línea.

El objetivo principal de la fábrica es conseguir una reducción de costes del 5% anual en todos los productos para poder seguir siendo competitivos y poder aceptar subidas del IPC, materiales, etc.

En el departamento de cajas ligeras y en concreto en la línea de la *Row Unit* se proponen unos objetivos iniciales de mejora de un 7% en productividad y una reducción del 64% en cuanto a las horas de incidencia, dado que la mejora en los dos primeros años puede ser mayor por la mejora del proceso, madurez del producto, influencia de la curva de aprendizaje, así como mejoras técnicas. Es por este motivo por lo que los porcentajes de mejora son tan elevados.

Los datos obtenidos en la línea *Row unit* del total del año fiscal 2.010 son los siguientes:

Mes	Inp	Out	Efectividad	Presencia	Productividad	Objetivo	Acumulado	Variacion mensual
Noviembre	2960,46	2193,71	74%	3024	73%	90%	73%	-17%
Diciembre	2276,9	2060,99	91%	2280,2	90%	90%	81%	0%
Enero	2474	2322,95	94%	2506	93%	90%	85%	3%
Febrero	2106,3	1787,6	85%	2689,8	66%	90%	81%	-24%
Marzo	2453,4	2537,59	103%	2804	90%	90%	83%	0%
Abril	3044,59	3278,92	108%	3469,2	95%	90%	85%	5%
Mayo	2404,14	2742,69	114%	2935,4	93%	90%	86%	3%
Junio	2800,9	3133,91	112%	3213,9	98%	90%	87%	8%
Julio	2563,02	3050,5	119%	3112,2	98%	90%	88%	8%
Agosto	484	578	119%	522	96%	90%	89%	6%
Septiembre	1035,48	1087,52	105%	1339,24	96%	90%	90%	6%
Octubre	1876,24	2133,6	114%	2050,44	104%	90%	91%	14%

Tabla 7. 6: Datos Row Unit.

Las columnas de efectividad y productividad se obtienen de la siguiente manera:

Noviembre:

$$Productividad = \frac{Output}{Presencia} = \frac{2193}{3024} = 72.5\%$$

$$Efectividad = \frac{Output}{Input} = \frac{2193}{2960} = 74.1 \%$$

Se puede observar el siguiente gráfico (figura 7.4.) donde se contempla la productividad de la *Row Unit* de forma visual.

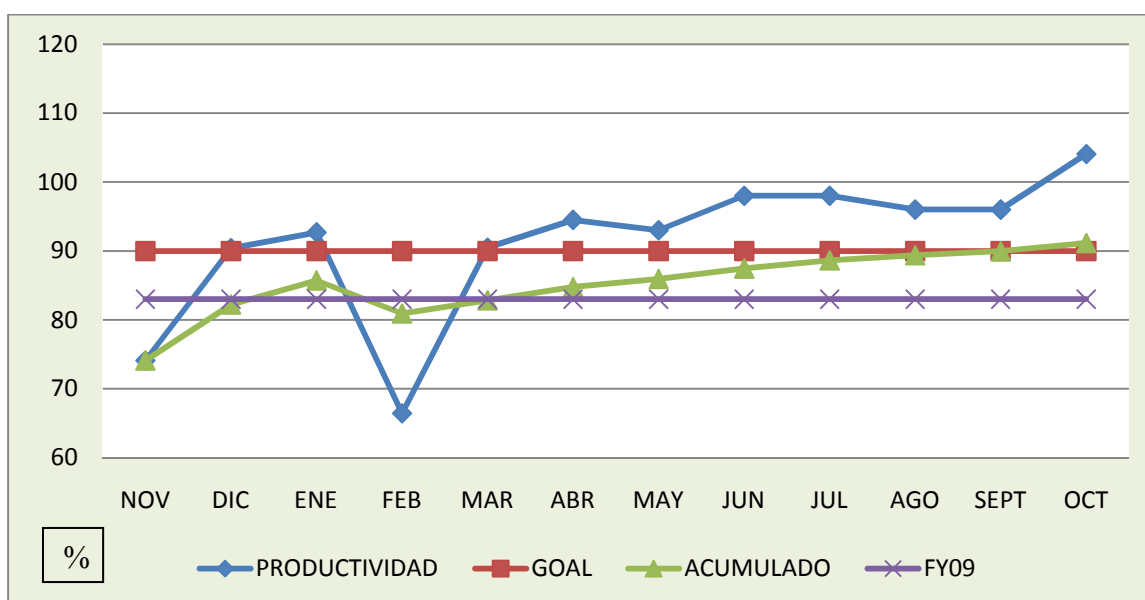


Figura 7. 6: Gráfico de productividad de la Row Unit.

En este gráfico, se puede observar como se ha conseguido una productividad total (acumulada) ligeramente superior al 91% superando el objetivo marcado del 90%. Se ha conseguido superar los resultados del año anterior (FY09) en más de un 8%.

Algunas de las causas que afectan a la productividad son las incidencias de la línea que se analizan a continuación.

Las incidencias que han tenido lugar a lo largo del año fiscal se pueden ver reflejadas en la tabla 7.7.

ROW UNIT

1TRIM		2 TRIM		3TRIM		4 TRIM		FY2010		OBJ. 2010		FY09	
H. INC.		H. INC.		H. INC.		H. INC.		H. INC.		H. INC.		H. INC.	
INC.	Total	INC.	Total	INC.	Total	INC.	Total	INC.	Total	INC.	Total	INC.	Total
5S	0	5S	75	5S	0	5S	0	5S	0	5S	0	5S	0
AC	14	AC	0	AC	6	AC	0	AC	20	AC	0	AC	0
AUD	6	AUD	0	AUD	0	AUD	0	AUD	6	AUD	8	AUD	8
AV	190	AV	319	AV	198	AV	86	AV	792	AV	400	AV	876
AV+	0	AV+	0	AV+	0	AV+	0	AV+	0	AV+	0	AV+	0
CA	22	CA	31	CA	76	CA	148	CA	277	CA	569	CA	569
CB	1	CB	1	CB	15	CB	0	CB	16	CB	0	CB	3
CM	20	CM	42	CM	102	CM	0	CM	164	CM	0	CM	0
CU	0	CU	0	CU	0	CU	0	CU	0	CU	4	CU	4
FM	12	FM	17	FM	47	FM	84	FM	160	FM	800	FM	1.247
FM+	0	FM+	0	FM+	0	FM+	0	FM+	0	FM+	400	FM+	680
FP	466	FP	563	FP	268	FP	113	FP	1.410	FP	0	FP	0
INV	0	INV	0	INV	0	INV	72	INV	72	INV	100	INV	160
MC	4	MC	0	MC	0	MC	0	MC	4	MC	0	MC	0
MP	0	MP	0	MP	0	MP	0	MP	0	MP	4	MP	4
OT	281	OT	873	OT	389	OT	74	OT	1.617	OT	1.700	OT	2.273
OT+	0	OT+	0	OT+	0	OT+	0	OT+	0	OT+	0	OT+	0
OuT	0	OuT	0	OuT	3	OuT	0	OuT	3	OuT	40	OuT	40
PP	7	PP	0	PP	1	PP	1	PP	9	PP	300	PP	1.285
PROT	1	PROT	0	PROT	178	PROT	0	PROT	179	PROT	36	PROT	62
RM	18	RM	21	RM	6	RM	0	RM	44	RM	4	RM	17
RPR	376	RPR	731	RPR	394	RPR	338	RPR	1.839	RPR	1.750	RPR	2.554
RPR+	0	RPR+	0	RPR+	0	RPR+	0	RPR+	0	RPR+	0	RPR+	0
TOT	1.436	TOT	2.682	TOT	1.687	TOT	916	TOT	6.689	TOT	6.667	TOT	10.354

Tabla 7. 7: Tabla de incidencias por trimestres.

Seleccionando las incidencias que más repercusión tuvieron en el FY09 se puede ver como se ha logrado una mejora total de todas las incidencias críticas.

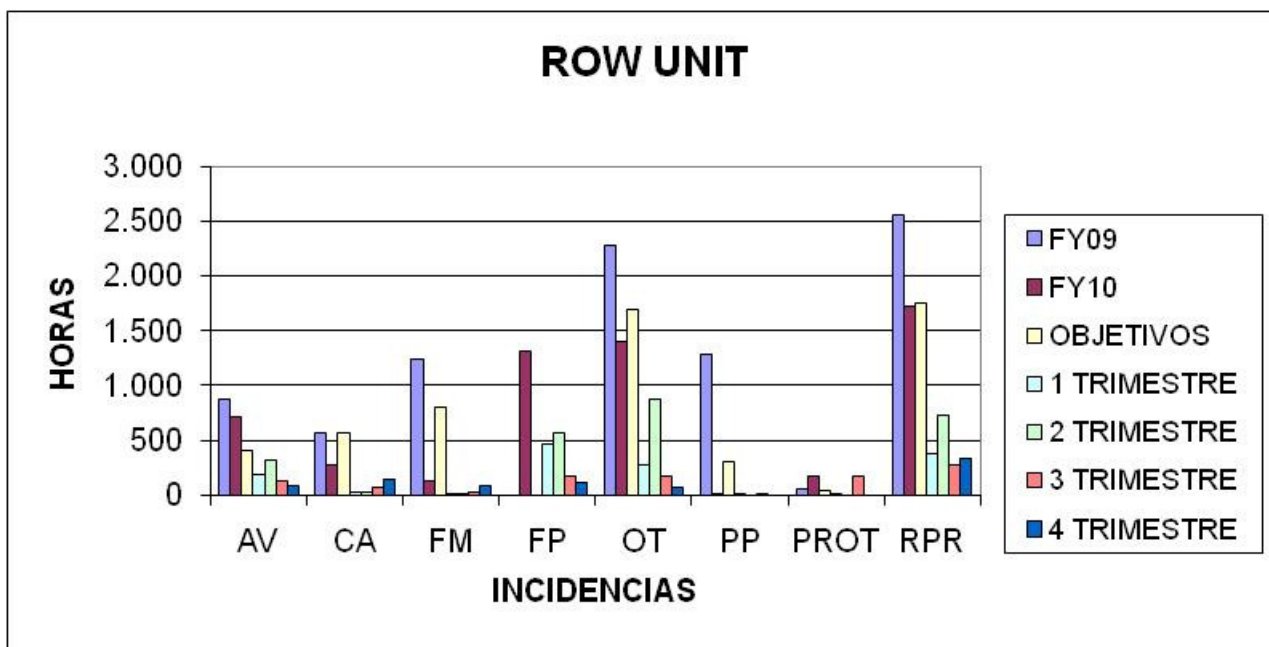


Figura 7. 7: Principales incidencias Row Unit.

Las principales mejoras se han producido en puesta a punto de la línea-Otras, faltas de material, desplazamientos (operarios desplazados de su puesto de trabajo por motivos productivos) y capacitaciones. También se han conseguido reducir las incidencias englobadas en la categoría de averías y reprocesos llegando a cumplir con los objetivos marcados.

Hay que aclarar que por un error en la toma de datos los datos de este año fiscal referentes a puesta a punto se han englobado erróneamente en la categoría de otras.

Esta categoría (Otras) engloba principalmente cuatro grandes grupos de causas que son Limpieza, cambio de bidón, atasco de cadena y puesta a punto, aunque no hay desglose como tal.

En la utilización de esta incidencia se ha tenido en cuenta que es complicado ver que problema afecta realmente a esta categoría. Es por este motivo por el que se han creado incidencias nuevas en la base de datos como CB (cambio de bidón), LIM (limpieza), FC (falta corriente), etc. Estas incidencias se utilizarán a partir del siguiente año fiscal.

Dada la imposibilidad de extraer con exactitud los porcentajes correspondientes a las distintas incidencias que se engloban en la categoría de otras, se utilizará esta incidencia, sabiendo que engloba otras fuentes de problema.

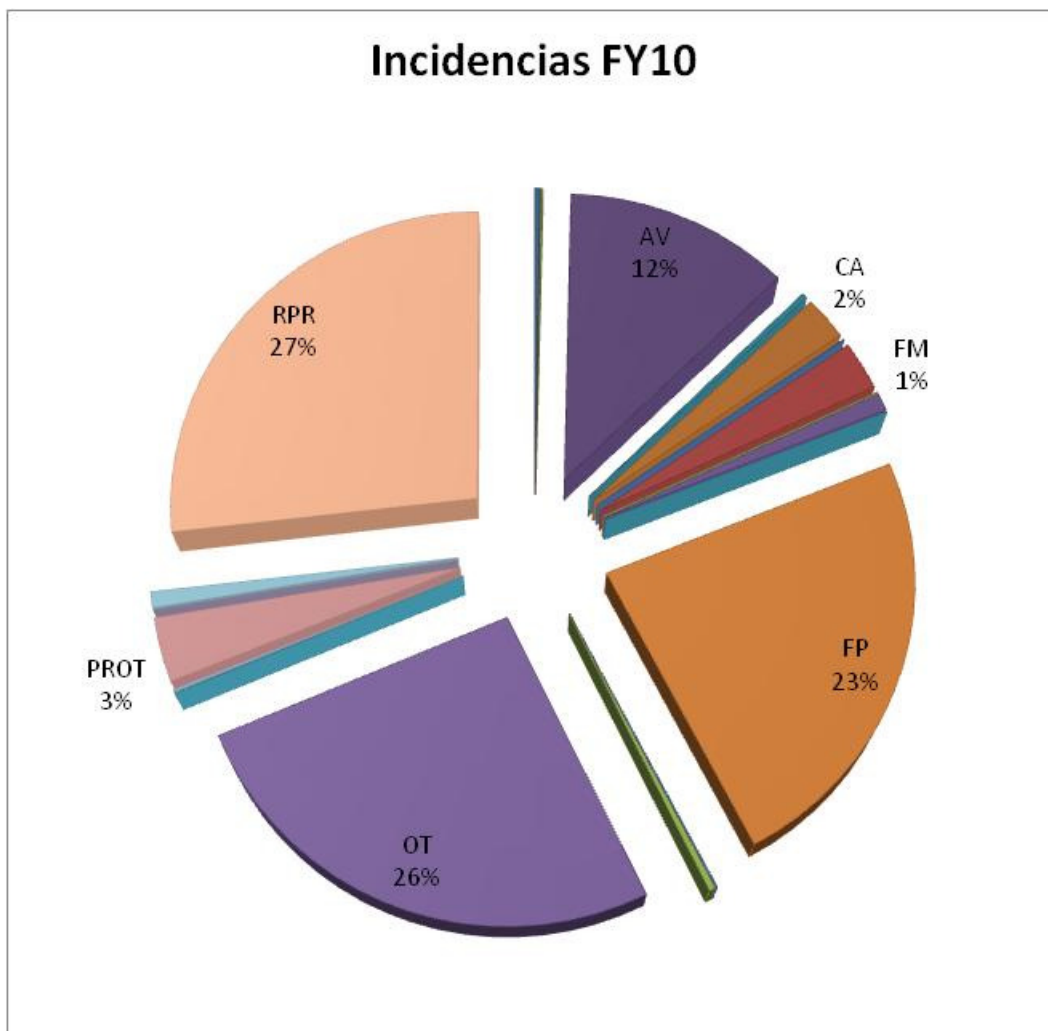


Figura 7.8: Porcentajes de incidencias en la cadena de montaje.

Para el aumento en la productividad de las líneas, se ha llevado un registro diario de las incidencias que se producen en la minifábricas. Para llevar un mayor control se procede al análisis de los datos de las mismas y se convocan reuniones semanales con los supervisores de las líneas e ingenieros de producción y tiempos para la evaluación y solución de problemas.

Estas reuniones siguen un ciclo cerrado que se puede resumir en el siguiente esquema:

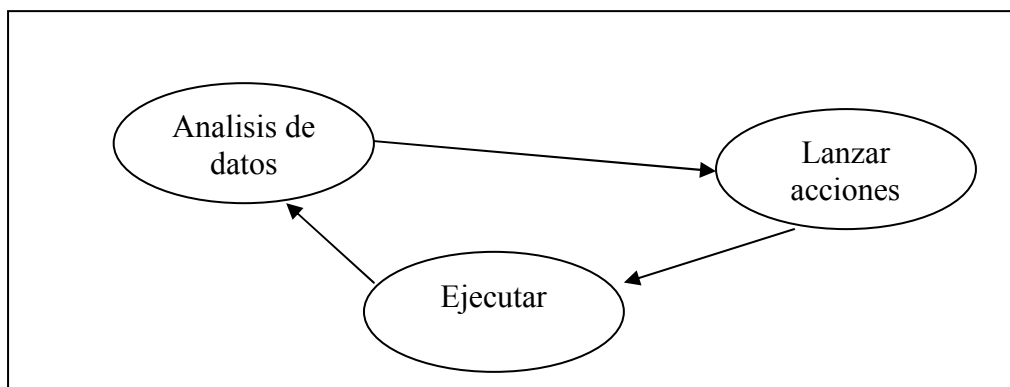


Figura 7.9: Esquema ciclo cerrado en toma de decisiones.

Los objetivos marcados son una reducción total del 66% de las incidencias con respecto al año fiscal anterior (FY09).

Hay que tener en cuenta en este sentido que las incidencias en las que se han trabajado son aquellas en las que se pueden controlar por parte de la producción. No se tendrán en cuenta las incidencias de reuniones, enfermedad, consultas médicas y los demás factores en los que no se puedan incidir, en definitiva las horas que afectan al input.

De todas las incidencias las principales sobre las que se van a trabajar son las averías (12%), fuera de proceso (23%), otras (26%) y reprocesos (27%). Atacando estas incidencias, estamos atacando el 88% de los problemas.

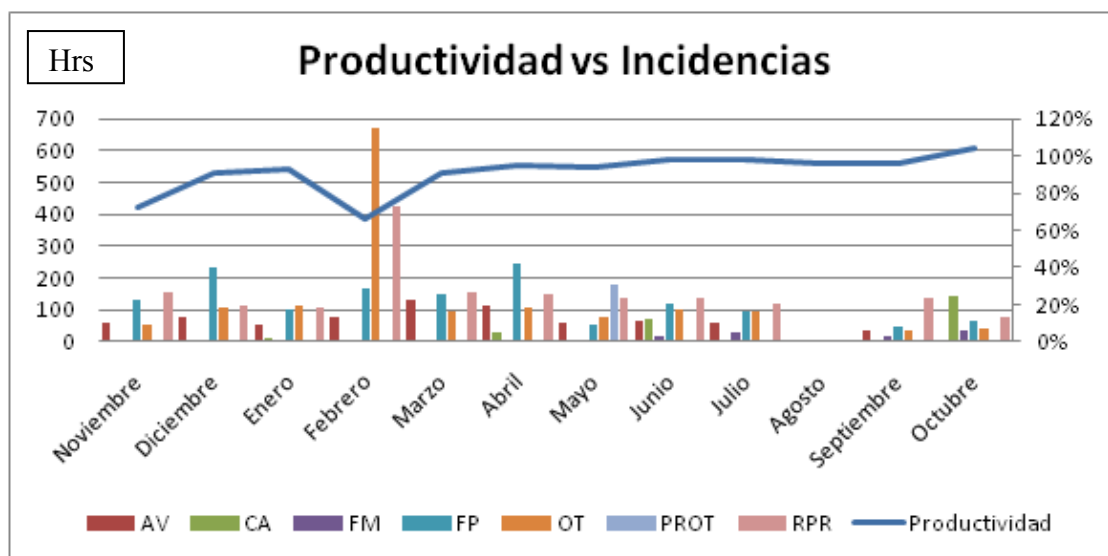


Figura 7.10: Gráfico de productividad y su relación con las incidencias.

En este gráfico se puede observar como hay una caída importante en la productividad en el mes de febrero. Esto se produce porque hay un aumento importante en la categoría de reprocesos y otras.

Estas incidencias se debieron a una preparación de la línea en la que se mejoró, de cara a una auditoria posterior en la que se utilizaron horas para distintas “puestas a punto” de la línea, limpieza, etc.

El incremento en los reprocesos fue debido a una incidencia con un eje defectuoso que hizo que hubiera un gran número de cajas para su posterior reparación.

En los meses de agosto y septiembre se han ponderado las incidencias debido al mes vacacional donde las horas trabajadas son mínimas.

Analizando los datos podemos ver que las incidencias de FP y OT son producidas indirectamente por averías en la línea. Una avería en un puesto inicial repercute en los puestos finales, pudiendo detener la línea o haciendo que los operarios tengan que trabajar fuera del proceso establecido.

Se observó que existía un problema con los carros de la cadena de montaje utilizados para transportar el material. Estos carros se estropeaban de forma constante repercutiendo en el atasco de la cadena y perjudicando la producción.

Se puede ver en el gráfico de la figura 7.8. como, al aumentar las averías, aumentan también los fuera de procesos y las incidencias englobadas en otras. Con una sencilla modificación por parte de utillaje en la línea de montaje y llevando a cabo un mantenimiento periódico de los carros de transporte se consigue disminuir significativamente las averías que repercuten en los atasco de cadena y en la categoría de otras.

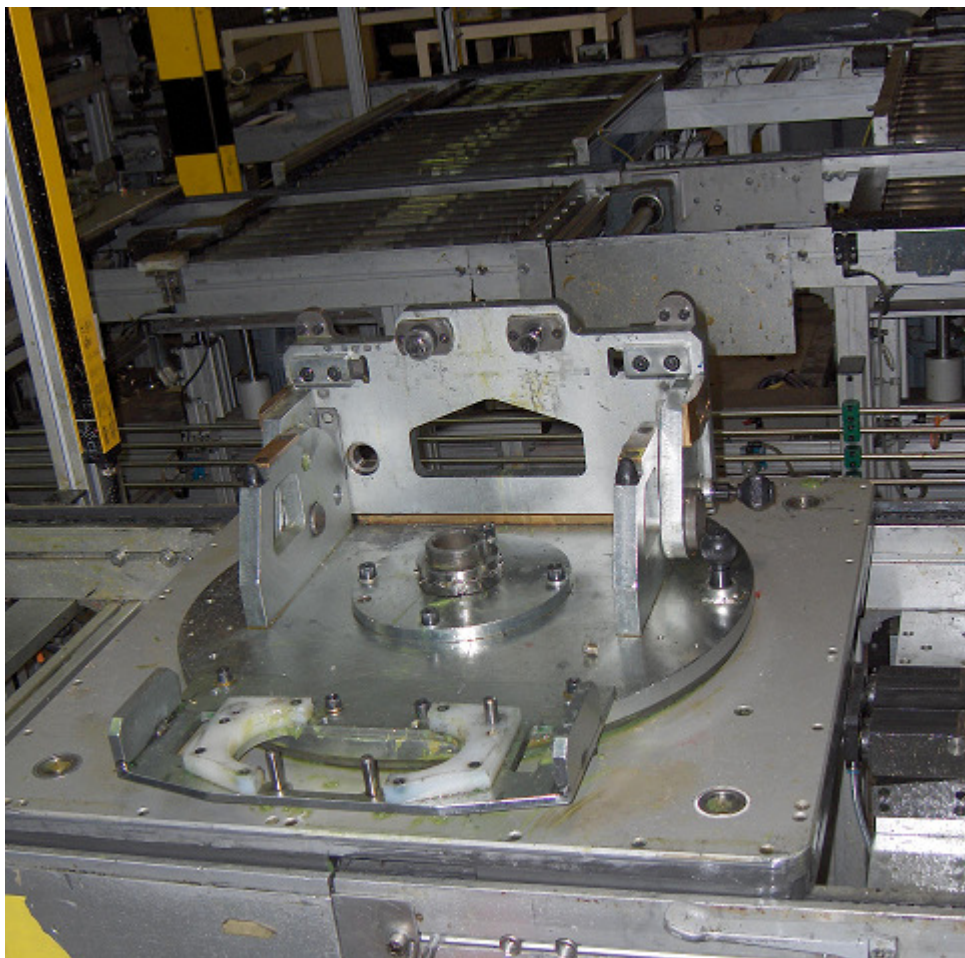


Figura 7.11: Foto de carro de la línea.

Así mismo se procede a estudiar las piezas defectuosas que son necesarias reprocesar para analizar los problemas y ver que soluciones pueden conseguirse.

Al ir invirtiendo además horas en puestas a punto de la línea se consigue un aumento de producción, que se ve reflejado en la tendencia al alza de la producción en los últimos meses del año fiscal 2.010.

7.6. PROYECTOS DE INGENIERIA

Nº	RESPONS.	MEJORAS PARA LINEA 2010	FECHA	STATUS
7	Ing. Produccion	Premontar carcasa en proveedor	nov-09	IMPLANTADO
8	Ing. Produccion/ Supervisor	Eliminar la medición del gamma seal si pruebas ok. Fijas y regulación de prensa.	feb-10	DESCARTADO
9	Ing. Produccion/Diseñ	Bajar los tiempos de prueba de fugas row unit. Programa de Jose A.	feb-10	DESCARTADO
10	Ing. Produccion	Disminución tiempo ciclo mecanizado RU	mar-10	IMPLANTADO
11	Ing. Produccion	Quitar orejeta en CECCE20020 y mejorar tº mec.	jun-10	DESCARTADO
12	Ing. Produccion	Ahorro de suplementos. Tapas de fundido RU 05 más baratas y no montar suplementos.	feb-10	IMPLANTADO
13	Ing. Produccion/ ing. Planta	Análisis de contenedor para embalar 12 unidades.	sep-10	IMPLANTADO
14	Ing. Produccion/ Ing. Planta	Aprovechar espacio en cajones embalaje	sep-10	BAJO ESTUDIO
15	Ing. Manufa.	Eliminar cuello de botella en montaje final	abr-10	IMPLANTADO

Tabla 7. 8: Proyectos de ingeniería.

En la línea de la *Row Unit* se están trabajando en varios proyectos que tendrán su ejecución en el año fiscal 2011. Para el año fiscal de estudio (2.010) existen también varios proyectos importantes que han sido implementados y que se comenzó a trabajar en ellos en periodos anteriores. Estos proyectos son la consecución de meses e incluso años de trabajo. Los proyectos que se engloban en este grupo son:

- Montar tapón esclavo y válvula en el mecanizado.
- Montar casquillos y rodamiento en proveedor.
- Reducir suplementos en las tapas.

Se describirán, a continuación y en detalle, los proyectos de ingeniería del año fiscal 2.010.

7.6.1. PREMONTAR CARCASA EN PROVEEDOR

Este proyecto consta de dos partes, una primera en la que se monta el tapón esclavo y la válvula en el mecanizado y una segunda en la que se montan los casquillos y los rodamientos en el proveedor. Se describe a continuación cada uno de ellos:

MONTAR TAPON ESCLAVO Y VÁLVULA EN EL MECANIZADO

Todos los proyectos de ingeniería pasan por una serie de planificaciones y modificaciones hasta que finalmente se consiguen implantar o descartar si no son viables. En primer lugar se hace un estudio previo de las horas que finalmente se podrían ahorrar. En este caso se estimaron 950 horas std./año.

Esta estimación se obtiene de ver el tiempo que se tarda en realizar estas operaciones y multiplicarlo por el número de cajas realizadas al año (aproximadamente 30.000 unidades).

Posteriormente el departamento de compras estratégicas apoyada en el ingeniero de producción negocia con el proveedor para que se monte el tapón esclavo y la válvula en el tiempo máquina del mecanizado, sin coste adicional para John Deere Ibérica, S.A.

MONTAR CASQUILLOS Y RODAMIENTOS EN PROVEEDOR

En el montaje de los casquillos y rodamientos en el proveedor, se realiza de igual forma que el proyecto anterior. Los protagonistas son los mismos y las decisiones y negociaciones son similares.

En este caso, además hay que modificar las prensas para adaptarlas y finalmente, transportar 2 de ellas al proveedor.

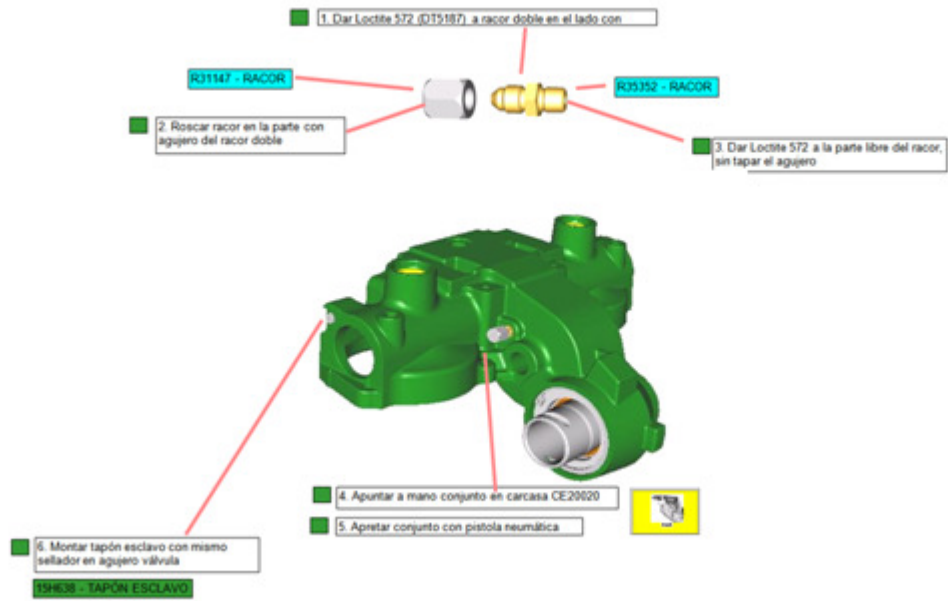


Figura 7.12: Operaciones modificadas 1.

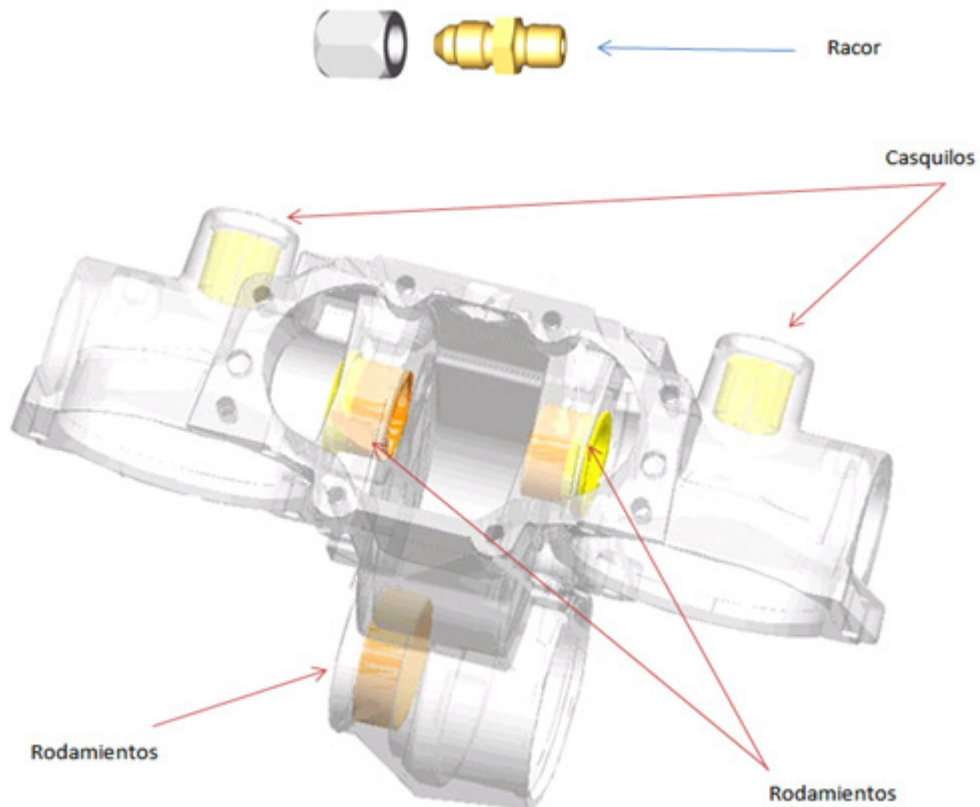


Figura 7.13: Operaciones modificadas 2.

Las dos mejoras anteriores suponen un gran ahorro sobre todo en tiempo de horas estándar empleadas.

Estas mejoras suponen un gran cambio en la línea de montaje, ya que hay que modificar la realización de las operaciones y reequilibrar la línea. Además, la operación descrita anteriormente como operación 05, donde se realizaba esta operación junto con otros premontajes, dejará de existir como tal y se realizará una hoja de tiempos estándar de los premontajes por separado.

Estas operaciones, son incluidas en el tiempo máquina de la operación de mecanizado. El tiempo máquina de una operación, es aquel en el que el operario tiene que estar “en espera” a que la máquina termine de realizar la operación, en este caso el mecanizado. Es en este tiempo cuando el operario puede realizar tareas manuales de montaje que aporten valor.

En el mapa de valor se elimina la parte de la operación 5 que más tiempo consume.

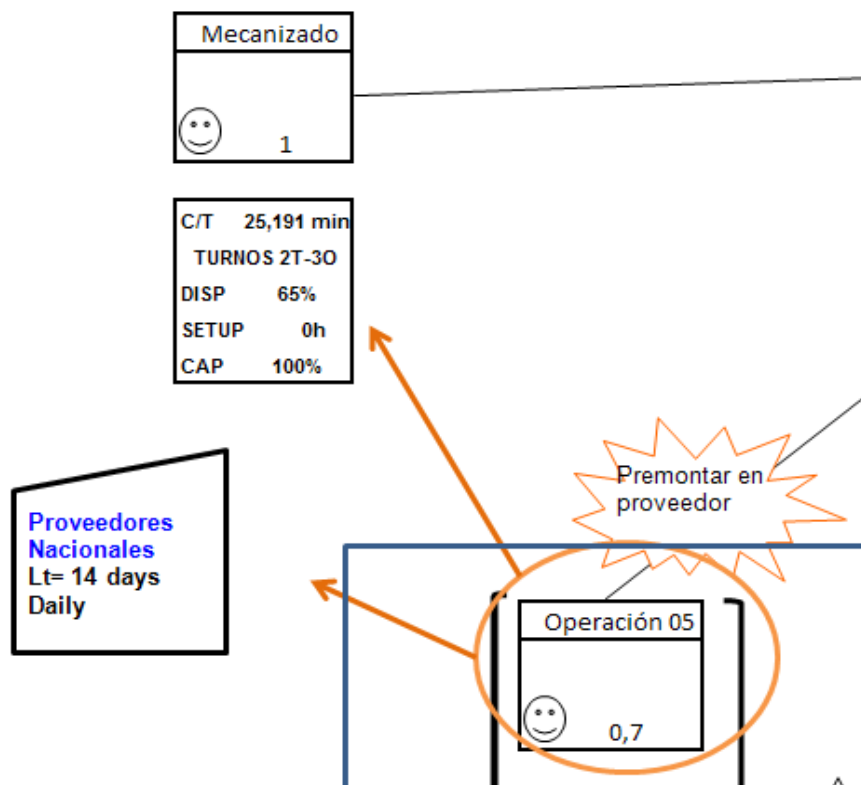


Figura 7.14: Eliminación del premontaje de carcasa en operación 5.

Para poder realizar la operación es necesario mover las prensas del puesto a los proveedores para que puedan realizar el trabajo. El lay out resultante se muestra en la figura 7.13.

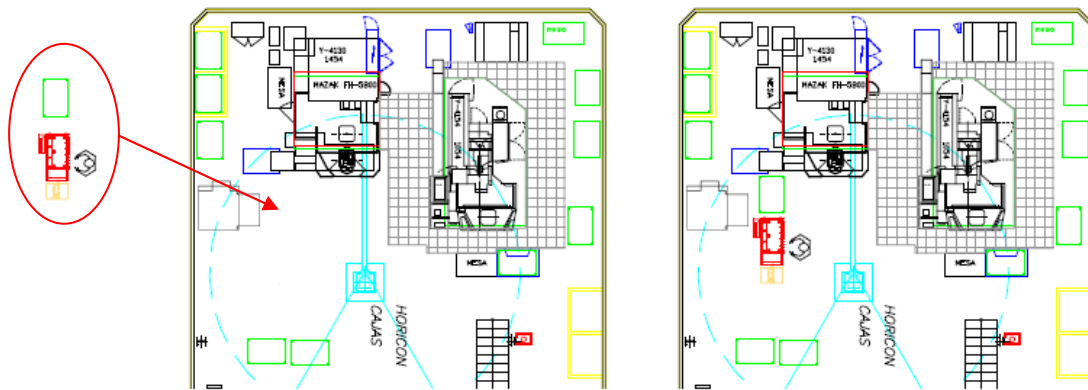


Figura 7.15: Movilización de la prensa.

7.6.2. DISMINUCION TIEMPO DE CICLO DE MECANIZADO RU

La disminución del tiempo de ciclo del mecanizado se consigue de dos formas distintas que trabajan en paralelo. Por un lado la eliminación de los suplementos en las tapas hace disminuir el tiempo de ciclo del mecanizado de la carcasa.

Por otro lado se analizan las partes del mecanizado que son necesarias y se observa que hay partes en las que la tolerancia requerida en diseño se puede ajustar y reducir así el tiempo necesario para finalizar la pieza.

7.6.3. ELIMINACION DE SUPLEMENTOS EN TAPAS

Los tiempos de reglajes de la caja *Row Unit* en la operación 30 tienen un gran impacto en la capacidad actual de montaje de la línea, lo que se traduce en un elevado número de horas estándar en ese puesto.

Con el paso del tiempo de montaje en la operación de montaje de las tapas, se observó por parte de los operarios que el paquete de suplementos necesario entre las tapas y la carcasa era siempre el mismo.

A raíz de esta observación se comienza un proyecto de mejora basado en seis sigma. En primer lugar se procede a la toma de datos para su posterior análisis.

Con estos datos, se realizan múltiples pruebas y prototipos modificando el mecanizado de las tapas para lanzar finalmente la decisión en serie. Este proyecto, se implantó finalmente en julio de 2010, una vez finalizado el stock de las tapas sin modificar.

Esta operación, es un ahorro muy importante ya que no sólo se consigue un ahorro en el tiempo de la producción, sino que además supone una mejora en el cuello de botella de la línea (operación más restrictiva en cuanto a tiempo). Además esta operación supone un ahorro considerable en suplementos (ahorro estimado de 40.000 euros) y la reducción del tiempo de mecanizado en el proveedor al tener menos material que mecanizar.

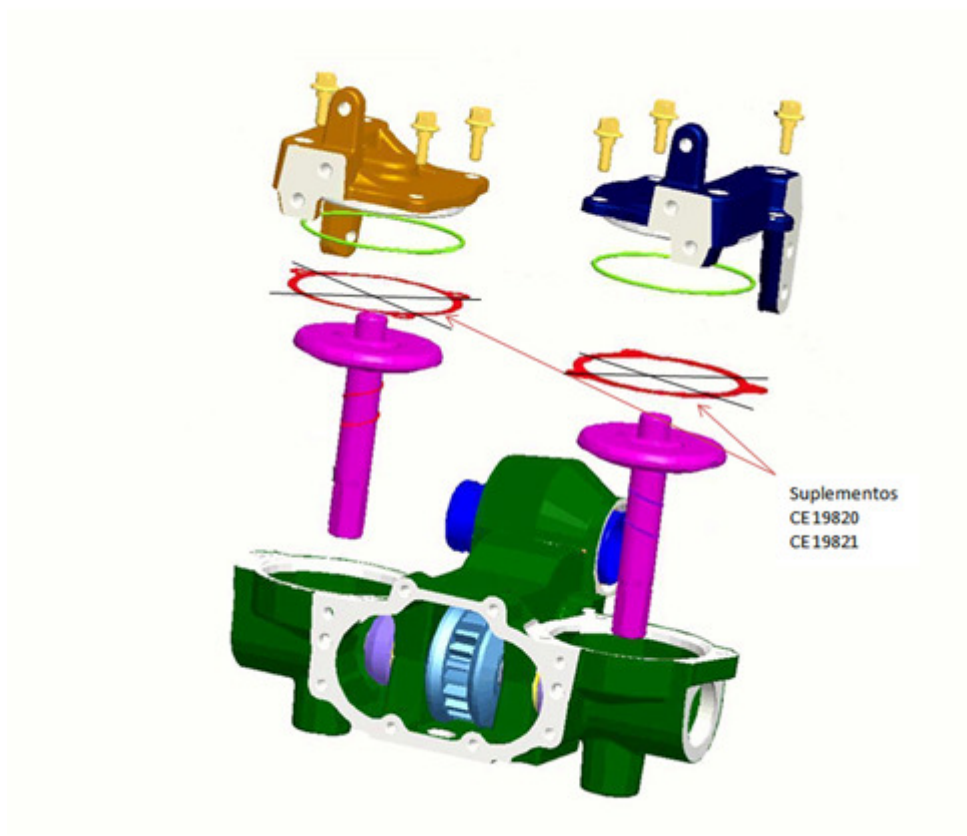


Figura 7.16: Detalle de eliminación de suplementos.

Con esta operación se eliminan principalmente las siguientes tareas de la operación 30, que se muestran en la figura 7.15. Esto además permite una movilidad de operaciones junto con el premontaje de la carcasa, que servirá para tratar de lograr el equilibrado total en la línea.

COMPROBAR JUEGO ENTRE DIENTES ENTRE EL EJE LARGO Y LA PIÑA COLOCANDO RELOJ COMPARADOR APRETANDOLO CON MANETAS - COLOCANDO PEANA Y APRETANDOLA CON MANETA	1,487			
TOMAR MEDIDA - AFLOJAR MANETAS Y QUITAR PEANA Y RELOJ COMPARADOR (SE HA OBSERVADO ENTRE 1 A 3 MEDIDAS)				
REGLAJE DE PIEZA	0,925			1/10
COLOCAR GANCHO EN BINOCULAR Y APRETARLO CON PISTOLA VOLTEAR BINOCULARES				
GIRAR CARRO Y BLOCAR				
AFLOJAR (6) TORNILLOS CON PISTOLA NEUMATICA				
ALCANZAR POLIPASTO - ENGANCHAR EN BINOCULAR Y SACARLO DEL ALOJAMIENTO, QUITAR SUPLEMENTO				
LIMPIAR SILICONA CARA FRESADA Y BINOCULAR				
APLICAR SILICONA EN CARA FRESADA DE CARCASA				
COLOCAR 2 GUIAS DE CENTRAJE Y COLOCAR SUPLEMENTO CE-19934 Y VOLVER A APLICAR SILICONA SOBRE SUPLEMENTO				
ALCANZAR POLIPASTO Y COLOCAR BINOCULAR EN SU ALOJAMIENTO, DESENGANCHAR POLIPASTO Y RETIRAR				
COLOCAR (6) TORNILLOS 19M7786 - QUITAR 2 GUIAS Y COLOCAR (2) TORNILLOS 19M7786 DANDOLE LOCTITE				
APRETAR LOS TORNILLOS CON PISTOLA ELECTRICA DANDOLE EL PAR (VOLVER A APRETAR EL 1º TORNILLO)				
DESBLOCAR CARRO- GIRARLO Y BLOCAR				
VOLTEAR BINOCULARES				
CON PISTOLA NEUMATICA AFLOJAR TORNILLOS Y QUITAR GANCHO DE BINOCULAR				
DESBLOCAR CARRO- GIRARLO				
COMPROBAR HOLGURA DE EJES				
CON DESTORNILLADOR DESAJUSTAR ENGRANAJES CONICOS DE PIÑA				
GIRAR CARRO Y BLOCAR				
COMPROBAR JUEGO ENTRE DIENTES ENTRE EL EJE LARGO Y LA PIÑA COLOCANDO RELOJ COMPARADOR APRETANDOLO CON MANETAS - COLOCANDO PEANA Y APRETANDOLA CON MANETA				
TOMAR MEDIDA - AFLOJAR MANETAS Y QUITAR PEANA Y RELOJ COMPARADOR (SE HA OBSERVADO ENTRE 1 A 3 MEDIDAS)				

Figura 7.17: Principales operaciones eliminadas.

7.6.4. ANÁLISIS DE RACKS PARA EMBALAR 12 UDS POR CAJA

Este proyecto consiste en ahorrar espacio para el embalaje introduciendo 3 unidades más en el mismo cajón de embalaje. Se diseñan unos acoples distintos de madera para colocar las carcasas obteniendo un resultado satisfactorio en este aspecto.

Se muestra a continuación, en la imagen 7.16., los resultados obtenidos:



Figura 7.18: Foto embalaje 12 unidades Row Unit.

Se puede observar como si se pueden incluir 3 unidades más en el mismo embalaje, aunque este proyecto no se ha podido implantar en este año fiscal por diversos problemas que surgieron posteriormente.

El principal de ellos es que con la abertura actual del cajón de embalaje, el gancho con el que se introducen las piezas no entra correctamente (se puede comprobar en la figura 7.18.) y es imposible sujetar la carcasa por el binocular.

Es por eso que este proyecto queda pendiente para el próximo año fiscal, ya que hay que estudiar si se puede modificar el gancho o la caja de embalaje y si sale rentable hacerlo.



Figura 7.19: Foto problema brazo embalaje.

7.6.5. ELIMINACION CUELLO DE BOTELLA EN MONTAJE FINAL

Como se puede ver tanto en los VSM como en los tiempos estándar, el cuello de botella de la línea se encuentra en el montaje final (operación 30).

Las mejoras introducidas permiten reajustar las operaciones de los puestos de forma conjunta. Así distribuyendo las operaciones (siempre que el montaje lo permita) se consigue obtener unas horas estándar que se muestran en la figura 7.14. Estas horas están comparadas con las que había anteriormente.

Un ejemplo del reajuste que se ha hecho se encuentra en la operación 40. Anteriormente en esta operación se hacía un pequeño premontaje consistente en montar muelles a unos ejes. Esta operación pasa ahora a realizarse en los premontajes (operación 5).

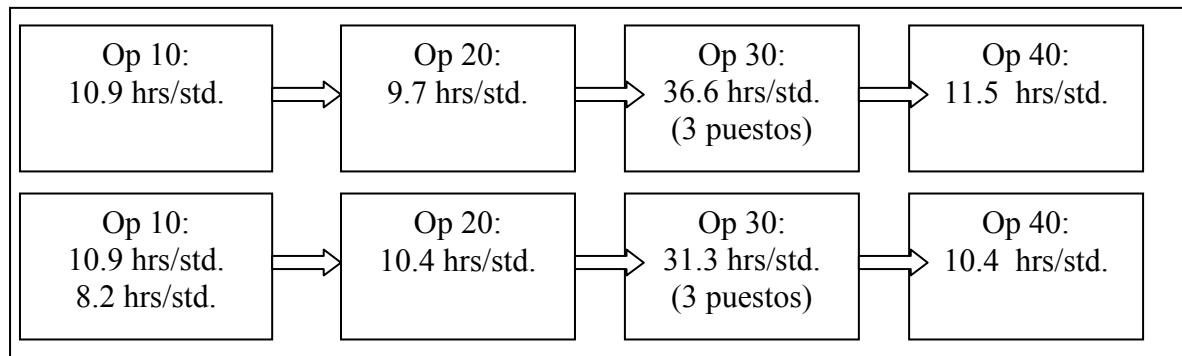


Figura 7. 20: Esquema tiempos estándar.

Con estos nuevos datos se puede comprobar con los siguientes cálculos que la línea está equilibrada.

Operación 40:

$$\begin{array}{rcl}
 10,4 \text{ horas estándar}/100 \text{ piezas} & \text{-----} & 100 \text{ piezas} \\
 11,20 \text{ horas} & \text{-----} & X \\
 X = N^{\circ} \text{ piezas por operario al día} = \frac{11,20 * 100}{10,4} \approx 108 \text{ piezas por 2 operarios}
 \end{array}$$

Operación 30:

$$\begin{array}{rcl}
 31,3 \text{ horas estándar}/100 \text{ piezas} & \text{-----} & 100 \text{ piezas} \\
 11,20 \text{ horas} & \text{-----} & X \\
 X = N^{\circ} \text{ piezas por operario al día} = \frac{11,20 * 100}{10,4} \approx 36 \text{ piezas por operario}
 \end{array}$$

Como en esta operación hay 3 puestos:

$$36 \text{ piezas} * 3 \text{ puestos} = 108 \text{ piezas}$$

Operación 20:

$$\begin{array}{rcl}
 10,4 \text{ horas estándar}/100 \text{ piezas} & \text{-----} & 100 \text{ piezas} \\
 11,20 \text{ horas} & \text{-----} & X \\
 X = N^{\circ} \text{ piezas por operario al día} = \frac{11,20 * 100}{10,4} \approx 108 \text{ piezas por operario}
 \end{array}$$

Operación 10:

$$\begin{array}{rcl}
 10,9 \text{ horas estándar}/100 \text{ piezas} & \text{-----} & 100 \text{ piezas} \\
 11,20 \text{ horas} & \text{-----} & X \\
 X = N^{\circ} \text{ piezas por operario al día} = \frac{11,20 * 100}{10,9} \approx 103 \text{ piezas por operario}
 \end{array}$$

Con estas modificaciones el cuello de botella pasaría a estar en la operación 10, aunque para evitarlo esta operación se puede separar en dos tareas independientes de forma que la mayor de ellas ocupa solos 8,20 horas/estándar. El resto de las tareas las puede realizar otro operario, permitiendo así el flexeo de la línea y el equilibrado total de 108 piezas.

Operación 10:

$$\begin{array}{rcl} 10,9 \text{ horas estándar}/100 \text{ piezas} & - - - - - & 100 \text{ piezas} \\ 11,20 \text{ horas} & - - - - - & X \\ X = N^{\circ} \text{ piezas por operario al día} & = & \frac{11,20 * 100}{8,2} \approx 136 \text{ piezas por operario} \end{array}$$

7.6.6. PROYECTOS DESESTIMADOS

De todos los proyectos en los que se ha estado trabajando, no todos han podido finalizarse con éxito. Algunos de ellos suponen más inconvenientes que ventajas y otros simplemente quedan descartados por imposibilidades técnicas o económicas.

Estos proyectos se desestiman definitivamente quedando el estudio realizado sobre ellos por si en alguna ocasión se diesen las circunstancias para volverse a intentar.

7.7. RESUMEN DE OBJETIVOS CONSEGUIDOS

Con las mejoras que se han visto anteriormente se consiguen los nuevos tiempos estándar. En primer lugar lo que anteriormente se conocía como operación cinco y se contemplaba en una sola hoja de estándar, se convierten en montajes independientes, cada uno con su propio tiempo estándar.

De esta forma podemos observar las mejoras obtenidas en las operaciones que añaden valor al producto:

OPERACIÓN	DESCRIPCION	HRS STD/100 Final	HRS STD/100 Inicial	% MEJORA
OP_08	Ejes binocular	1,7	10	48%
OP_09	Premontaje engranaje y casquillo	1		
OP_00	Montar muelles	1,4		
OP_01	Premontar tapas	1,1		
OP_10	Eje entrada, eje idler, montar carcasa y tapas en carro	10,9	11,6	6%
OP_20	Premontaje binoculares	10,4	9,7	-6,70%
OP_30	Montar piña, eje corona, binocular, rodar	31,3	36,6	14,4%
OP_40	Embalaje	10,4	11,5	9,5%
	TOTAL	58,2	79,4	26,7%

Tabla 7. 9: Tabla ahorros horas estándar.

Podemos ver a continuación un resumen de lo que se ha conseguido con los proyectos implantados:

Nº	MEJORAS PARA LINEA 2010	ANTES	AHORA
1	Reducir stock carcasa binocular CE20045 a 2 días	4 DIAS	2 DIAS
2	Reducir stock carcasa CE20668 a 2 días	3,5 DIAS	2 DIAS
3	Ahorro de horas estándar	79,4	58,2
4	Mejora Productividad	83%	91%
5	Eliminar cuello de botella en montaje final	CUELLO BOTELLA	LINEA EQUILIBRADA

Tabla 7.10: Tabla resumen ahorros.

7.8. VSM FINAL

Con las mejoras realizadas se procede a realizar un VSM final. Este mapa, pasa a ser el “current state” o estado inicial actual, convirtiéndose en la base para continuar con la mejora de *Lean manufacturing*.

La siguiente tabla (7.11.) muestra los nuevos tiempos de montaje de cada operación.

<u>HRS. STD. ROW UNIT</u>			
<u>MONTAJES</u>			
<u>VARIOS</u>	<u>HRS.STD.</u>		
EJES	1,7		
ENGRANAJES	1		2,4
CASQUILLOS	1		2,4
TAPAS	1,11		
MUELLES	1,4		
<u>OP. 10</u>			
EJE HUECO	10,9		8,2
<u>OP. 20</u>			
BINOCULAR	10,4		
<u>OP. 30</u>			
MONTAJE	31,3		
<u>OP.40</u>			
EMBALAJE	10,4		

Tabla 7. 11: Resumen horas estándar.

En esta tabla se pueden apreciar los distintos puestos de montaje según las operaciones realizadas y las horas estándar de cada operación. Estas horas se han obtenido de igual forma que las comentadas en el capítulo 6.

Una vez equilibrada la línea y con las nuevas tareas asignadas por puesto, se procede a la toma de tiempos correspondiente. Se recuerda que este tiempo es el que se tarda en realizar 100 piezas de la operación indicada.

Con estos tiempos y las reducciones de stock anteriormente comentadas se procede a realizar un VSM de la situación final. Este VSM se puede ver en la figura 7.21. que se muestra a continuación.

Estado inicial - Row Unit

Fecha actualización: 31/10/2009 I.Torres

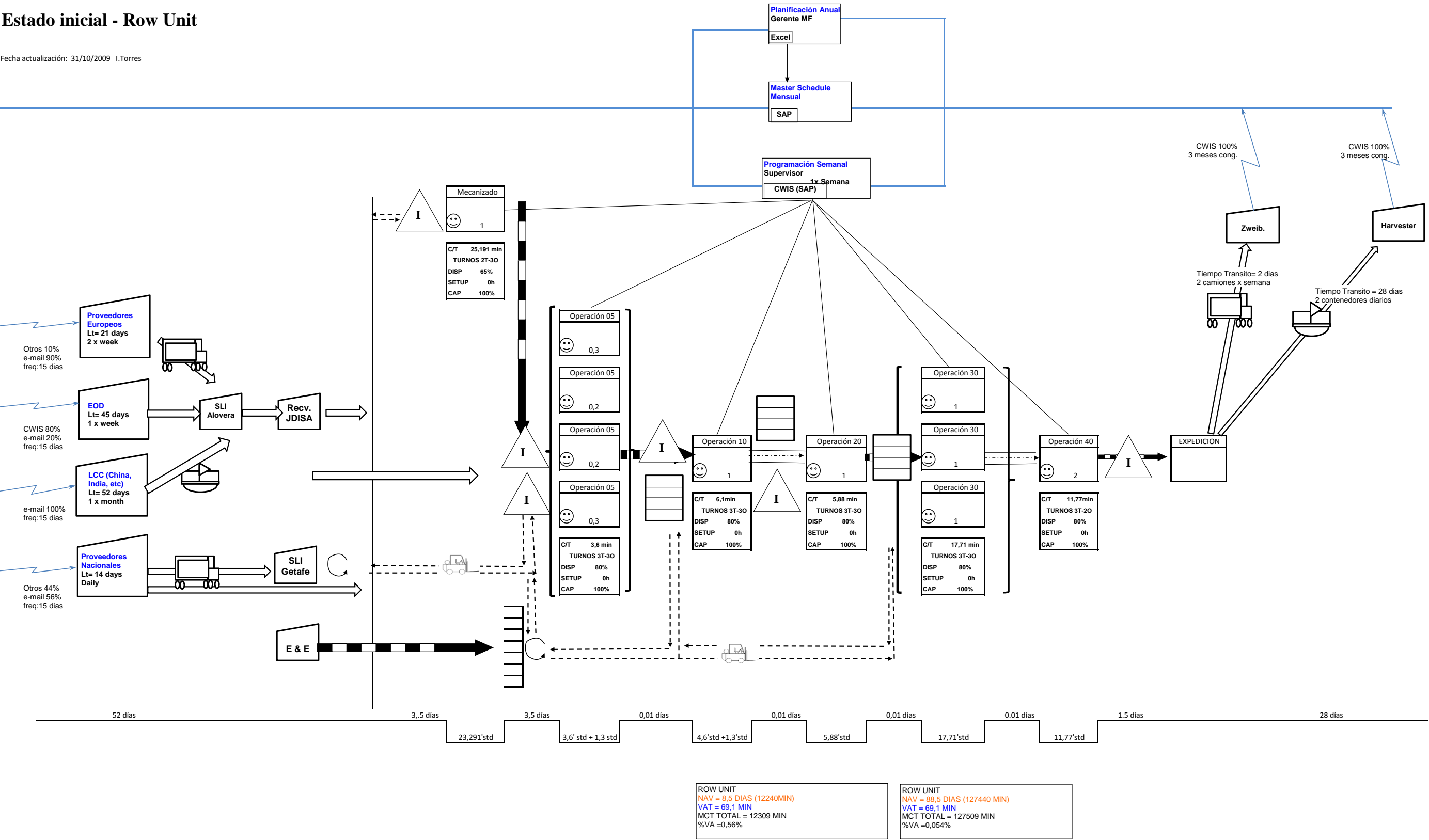


Figura 7.21: VSM ROW UNIT CON MEJORAS IMPLANTADAS

UNIVERSIDAD CARLOS III

Capítulo 8: Estudio económico

Estudio y mejora de una línea de montaje
mediante Lean Manufacturing

Ismael Torres Gárate

CAPITULO 8: ESTUDIO ECONOMICO

8.1. RESUMEN AHORROS

Se muestra en la tabla 8.1. un breve resumen de los logros obtenidos:

PROYECTO	INVERSION	AHORRO HRS.STD.	AHORRO €	AHORROS INTANGIBLES
MEJORAS STOCK	3.048 €	_____	238.000	Ahorros en espacio, mejora ergonómica
MEJORAS PRODUCTIVIDAD	_____	_____	_____	Aumento de productividad un 8%
MEJORAS PROYECTOS	1.500 €	_____	40.000	Ahorro de materiales
		1.820	50.000	Equilibrado de línea

Tabla 8. 1: Resumen ahorros.

8.2. DESGLOSE DE COSTES

A continuación se verán en detalle los ahorros y las inversiones realizadas para conseguirlos.

8.2.1. MEJORAS DE STOCK

Considerando dos días de reducción de stock tanto en binoculares CE20045 y en la carcasa CE20668. El ahorro de tiempo de almacenaje es un día. John Deere estima que el coste de almacenaje, transporte y gestión de stock es del 12 % de su valor. Con estos datos tenemos:

Coste unitario de CE20045 = 27.05 €

Coste unitario de CE20668 = 40.39 €

Ahorro en gestión de material = 12% (Inventario)

Ahorro real de tiempo de gestión = 1/2 reducción de tiempo = 1 día.

Días laborales FY10 = 218 días

$$\text{Ahorro diario Binoculares} = 27,05 * 270 \text{ uds diarias} * 0,12 * 0.5 = 438,2 \text{ €/día}$$

$$\text{Ahorro diario Carcasas} = 40,39 * 270\text{uds diarias} * 0,12 * 0.5 = \\ 654,36 \text{ €/día}$$

$$\text{Ahorro anual Binoculares} = 438,2 * 218 = 95.527 \text{ €/año}$$

$$\text{Ahorro anual Carcasa} = 969.36 * 218 = 142.641 \text{ €/año}$$

$$\text{Ahorro anual Total} = 95.527 \text{ €} + 142.641 \text{ €} = 238.168 \text{ €/año}$$

8.2.2. AJUSTES DE IPK

Las inversiones necesarias para realizar estas mejoras han sido mínimas, el espacio ganado en el stock de los ejes que provienen de ejes y engranajes es mínimo y se pierde en otra sección de la fábrica.

Con las modificaciones de IPK y del *Layout* podemos suponer:

Coste Ingeniero de diseño = 85 €/h

Coste operario de mantenimiento = 63 €/h

Total horas trabajadas Ingeniero de diseño = 24 h

Total horas trabajadas operario mantenimiento = 16 h

$$\text{Total} = 85\text{€} * 24\text{h} + 63\text{€} * 16\text{h} = 3048 \text{ €}$$

8.2.3. MEJORAS DE PRODUCTIVIDAD

Con la ejecución de los proyectos realizados se ha conseguido una mejora final de un 8% con respecto al año fiscal anterior.

8.2.4. PREMONTAR CARCASA EN PROVEEDOR

Esta operación conlleva varios ahorros importantes con unas inversiones mínimas. No se considera el tiempo de estudio sobre la viabilidad y resolución del proyecto ya que es no es un gasto adicional. Se considera:

Coste transporte 2 prensas = 340 €/ud. * 2 unidades = 680 €

Coste Ingeniero de producción = 85 €/h

Coste Operario mantenimiento = 63 €/h

Total de horas trabajadas en proveedor = 6h

$$Total\ gastos = 680 + (85 * 6) + (63 * 6) = 1568\ €$$

El ahorro en horas estándar es el siguiente:

OPERACIÓN	DESCRIPCION	HRS STD/100 Final	HRS STD/100 Inicial	% MEJORA
OP_08	Ejes binocular	1,7	10	48%
OP_09	Premontaje engranaje y casquillo	1		
OP_00	Montar muelles	1,4		
OP_01	Premontar tapas	1,1		

Tabla 8. 2: Resumen ahorro horas estándar en premontajes.

Se consigue un ahorro en premontajes de 4.8 horas estándar por cada 100 piezas. Con una cantidad total de 30.000 unidades realizadas en 2010, tenemos:

$$4.8\ hrs.\ std * 300 = 1440\ hrs.\ std\ al\ año$$

8.2.5. ELIMINACION DE SUPLEMENTOS EN TAPAS

Los ahorros que produce esta mejora son:

Coste suplemento 0.25 mm = 0,34€

Coste suplemento 0.5mm = 0,39 €

Unidades realizadas al año = 30.000 uds.

En este caso no se puede saber con certeza que número exacto de suplementos se iban a utilizar, se estima para los cálculos 0,75 mm por caja.

$$Total\ ahorro\ suplementos = (0,39 + 0,34) * 2 * 30.000\ uds \simeq 40.000\ €/año$$

Además el ahorro en horas estándar es el siguiente:

OPERACIÓN	DESCRIPCION	HRS STD/100 Final	HRS STD/100 Inicial	% MEJORA
OP_30	Montar piña, eje corona, binocular, rodar	31,3	36,6	14,4%

Tabla 8. 3: Resumen horas estandar ahorradas en op. 30.

$$5,3 \text{ hrs.std} * 300 = 1590 \text{ hrs.std al año}$$

8.2.6. ANALISIS DE RACKS PARA EMBALAR 12 UDS POR CAJA

La inversión en esta mejora es prácticamente cero frente a los beneficios que se pueden obtener:

$$\frac{30.000}{9} = 3.334 \text{ racks de embalaje}$$

$$\frac{30.000}{12} = 2.500 \text{ racks de embalaje}$$

Coste unitario de racks de embalaje = 123 €

$$884 \text{ racks} * 123 = 108.732 \text{ €}$$

Además se puede conseguir un ahorro en el transporte de material al economizar espacio en los contenedores.

Un contenedor transporta racks con 252 unidades de *Row Unit*. Si finalmente se implanta esta mejora un contenedor podría transportar 336 unidades, lo que supone un ahorro anual en el envío de 30 contenedores.

El coste de enviar un contenedor al cliente es de 3097 €, lo que supone un ahorro de 93.000 €.

8.2.7. ELIMINACION CUELLO DE BOTELLA EN MONTAJE FINAL

Con el equilibrado total de la línea se consigue una ventaja fundamental que es la continuidad de trabajo en la línea. Este equilibrado se ha conseguido con la aplicación de proyectos anteriores y aunque no supone ningún coste real se ha producido un aumento en la operación 20 que se va a reflejar aquí.

OPERACIÓN	DESCRIPCION	HRS STD/100 Final	HRS STD/100 Inicial	% MEJORA
OP_20	Premontaje binoculares	10,4	9,7	-6,70%

Tabla 8. 4: Resumen horas estandar ahorradas en op. 20.

$$0.7 \text{ hrs.std} * 300 = 210 \text{ hrs.std al año}$$

En cuanto a las horas podemos ver que es un ahorro importante si consideramos que cada 1.200 hrs.std podemos suponer el ahorro de un operario. El coste mínimo que le puede suponer a la empresa un operario al año es de unos 50.000 €. Se puede ver en el punto 8.1 el coste total que esto supone.

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Capítulo 9: Conclusiones y futuros desarrollos

Estudio y mejora de una línea de montaje
mediante Lean Manufacturing

Ismael Torres Gárate

CAPITULO 9: CONCLUSIONES Y FUTUROS

DESARROLLOS

9.1. CONCLUSIONES

Como se ha visto teóricamente a lo largo del proyecto el objetivo final a la hora de aplicar la metodología de *Lean Manufacturing* es conseguir una línea de montaje con un flujo continuo de trabajo en el que no existan fuentes de desperdicio, ni tareas que no aporten valor al producto.

Esto se consigue con la aplicación de una mejora continua a lo largo del tiempo. En la línea estudiada de la *Row Unit*, no se ha conseguido este fin, aunque si se han conseguido otros de gran importancia. De ellos, destacaría sobre todo los 4 siguientes:

1. Reducción del tiempo de valor no añadido en 3,5 días.
2. Reducción del tiempo de valor añadido en 21,2 horas estándar.
3. Aumento de la productividad de la línea en un 8%.
4. Equilibrado de la línea.

La primera de las conclusiones que se pueden alcanzar es la importancia de que todos los departamentos implicados tengan conciencia de lo que está haciendo y de las mejoras que se pueden conseguir.

A la hora de implicar a los departamentos también destacaría la importancia de implicar a los proveedores y a los clientes. Sería muy complicado implantar un flujo continuo en una línea o en cualquier lugar si los proveedores no colaboran.

También es importante la ayuda de los clientes de cara a la planificación de la producción.

En segundo lugar, también hay que destacar que es fundamental que se lleve un seguimiento de las tareas realizadas y un control de las mismas a todos los niveles.

No sirve de nada que se trabajen las mejoras de stock y no se equilibre la línea y viceversa, hay que trabajar en todos los aspectos de mejora.

Cuando comencé la realización de este proyecto tenía vagos conocimientos sobre el sistema de producción de *Lean Manufacturing* y ninguno sobre los mapas de flujo de valor. A día de hoy puedo decir que tengo los conocimientos suficientes para poder implantar un sistema Lean en una fábrica o línea de montaje.

Para poder aplicar los conocimientos teóricos adquiridos durante la realización de este proyecto he tenido que conocer en profundidad distintas líneas de montaje, procesos de producción de distintos productos, formas de trabajo, etc. Sin estos conocimientos hubiera sido imposible aplicar las mejoras realizadas y reducir las fuentes de desperdicio como se ha realizado.

Con lo expuesto anteriormente se cumplen los tres primeros objetivos que se planteaban al inicio del proyecto.

El cuarto de ellos (conseguir una ahorro de un 5% de la línea estudiada), se ha cumplido tal y como se ha demostrado en el capítulo 7.

La conclusión más importante que se puede obtener es que siempre se pueden encontrar formas de mejorar. La aplicación del *Lean Manufacturing* debe ser un sistema de trabajo continuo en el tiempo.

9.2. FUTUROS DESARROLLOS

Las principales mejoras en las que se puede trabajar de cara al futuro son:

- Implantación definitiva del supermercado con ejes y engranajes.
- Reducción del stock tanto de carcasas como de binoculares de 2 días a 1 día.
- Nuevo reajuste de los IPKs.
- Organizar un sistema de embarque distinto, de forma que en un mismo contenedor pueda cargar distintos productos.

- Crear nuevos racks de menor tamaño que permitan flexibilizar el almacenamiento de material.

En cuanto a proyectos de ingeniería que se van a implantar en el próximo año fiscal se destacarían los siguientes:

- Sustituir grasa por aceite en la *Row Unit*. Esto supone un ahorro importante ya que en la actualidad el llenado de grasa se produce en la línea. Con esta sustitución, el llenado de aceite lo realizaría el cliente, obteniendo así un ahorro importante, no solo económicamente (si cada caja lleva 1,6 litros y se producen aproximadamente 30.000 cajas al año, esto supone un ahorro de 48.000 litros de grasa al año.), ya que también se ahorraría tiempo e incidencias.
- Eliminar los muelles cuando la carcasa se llene con aceite. Este cambio supondría un ahorro estimado de 414 hrs. Std/año y la eliminación de un puesto de montaje, facilitando así la movilidad del puesto de premontajes.
- Fugar carcasa sin tapón esclavo final.
- Modificación del cajón de embalaje o del gancho para poder embalar 12 unidades por caja.

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Anexos

Estudio y mejora de una línea de montaje mediante Lean Manufacturing

Ismael Torres Gárate

ANEXO 1: CENSO MAQUINARIA AGRICOLA AUTOMOTRIZ




















CENSO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA AUTOMOTRIZ AL 31-12-2009										
	TRACTORES CADENAS		TRACTORES RUEDAS		TOTAL TRACTORES		MOTOCULTORES		COSECHADORAS DE CEREALES	
	UNIDADES	C.V.	UNIDADES	C.V.	UNIDADES	C.V.	UNIDADES	C.V.	UNIDADES	C.V.
15 A CORUÑA	18	1.057	52.808	2.998.154	52.824	2.999.211	17.087	222.381	219	19.145
27 LUGO	12	783	50.390	2.945.803	50.402	2.946.586	27.311	358.085	458	38.646
32 OURENSE	13	790	20.931	984.231	20.944	985.021	9.072	117.885	185	20.377
36 PONTEVEDRA	12	746	27.575	1.236.652	27.587	1.236.398	18.977	236.631	21	2.496
GALICIA	53	3.376	151.504	8.143.840	151.557	8.147.215	72.427	532.982	861	80.667
33 P. DE ASTURIAS	36	3.022	26.691	1.234.095	26.687	1.237.117	18.851	267.537	5	381
38 CANTABRIA	3	230	7.910	422.293	7.913	422.523	8.120	109.518	4	500
1 ÁLAVA	10	480	8.003	591.475	8.013	591.955	1.485	23.738	918	20.015
20 GUIPÚZCOA	32	1.898	5.090	182.428	5.122	184.326	5.385	67.025	0	0
48 VIZCAYA	5	404	5.839	200.828	5.844	201.232	4.902	61.462	1	144
PAÍS VASCO	47	2.782	18.932	914.731	18.979	917.513	11.753	152.223	817	20.158
31 NAVARRA	76	4.635	16.348	1.285.199	16.424	1.290.834	9.148	142.129	915	162.205
26 LA RIOJA	42	2.060	15.287	1.020.699	15.329	1.022.759	3.185	44.249	977	28.141
22 HUESCA	196	18.884	23.584	1.856.226	23.783	1.873.060	3.353	42.072	3.237	312.036
44 TERUEL	27	2.019	15.529	1.124.730	15.556	1.126.799	1.993	25.818	2.032	224.571
50 ZARAGOZA	604	33.365	33.135	2.524.737	33.739	2.558.102	6.655	89.532	4.726	504.726
ARAGÓN	830	52.248	72.248	5.505.743	73.078	5.557.991	12.001	167.420	9.995	1.041.333
8 BARCELONA	231	3.619	21.358	1.277.197	21.589	1.286.118	4.254	53.207	1.410	138.249
17 GIRONA	80	4.244	17.081	1.047.794	17.181	1.052.038	1.884	22.484	773	84.837
26 LLEIDA	90	3.508	41.598	2.590.877	41.094	2.603.385	4.836	64.951	2.049	281.535
43 TARRAGONA	118	5.111	27.380	1.388.116	27.498	1.393.227	5.808	37.634	544	73.212
CATALUÑA	525	24.782	107.417	6.309.994	107.942	6.394.766	16.965	178.256	5.476	577.633
7 BALEARES	108	5.350	21.506	1.009.790	21.614	1.015.140	7.474	105.540	499	39.890
5 ÁVILA	21	1.378	8.085	882.133	8.088	883.511	2.358	28.075	350	54.598
9 BURGOS	33	2.338	22.198	1.954.140	22.220	1.956.473	946	12.593	4.096	507.155
24 LEÓN	105	4.646	28.330	1.904.162	28.435	1.909.108	3.700	51.393	523	100.326
34 PALENCIA	52	5.552	13.040	1.250.070	13.086	1.252.223	303	4.084	1.550	200.246
37 SALAMANCA	36	2.578	15.956	1.200.055	15.992	1.202.833	1.192	15.377	1.113	143.483
40 SEGOVIA	3	385	12.465	1.023.746	12.468	1.024.131	114	1.785	1.169	158.785
42 SORIA	31	3.083	8.313	980.389	8.344	983.452	144	1.870	1.899	218.270
47 VALLADOLID	28	2.210	18.380	1.802.874	18.408	1.805.084	155	2.228	1.533	216.512
48 ZAMORA	20	1.670	20.241	1.478.977	20.267	1.480.947	806	12.863	1.306	149.440
CASTILLA Y LEÓN	335	24.420	148.492	11.943.152	148.827	11.967.572	9.831	130.856	13.469	1.748.817
28 MADRID	168	15.270	11.387	739.896	11.596	755.078	815	9.068	774	76.703
2 ALBACETE	181	11.712	28.784	1.934.797	28.945	1.948.509	1.811	24.884	2.285	319.839
13 CIUDAD REAL	242	19.434	34.587	2.482.640	34.829	2.501.074	821	11.183	1.843	190.395
16 CUENCA	165	10.504	31.263	2.253.315	31.428	2.263.819	778	12.851	3.016	55.744
19 GUADALAJARA	38	2.728	8.737	781.431	8.775	784.157	824	10.197	1.342	169.178
45 TOLEDO	132	10.586	37.378	2.557.595	37.508	2.588.161	1.112	16.442	2.469	248.999
CASTILLA LA MANCHA	758	53.542	140.727	10.009.778	141.485	10.063.720	4.946	75.537	10.735	963.655
9 ALICANTE	418	19.290	17.393	851.721	17.721	870.011	18.814	255.420	212	24.200
12 CASTELLÓN	44	2.738	13.914	573.660	13.958	576.398	17.607	169.653	128	10.029
46 VALENCIA	483	24.859	33.308	1.463.438	33.801	1.488.397	31.905	367.337	572	80.032
C. VALENCIANA	955	45.987	64.525	2.988.819	65.480	3.034.805	68.126	792.410	1.012	114.261
30 MURCIA	549	34.098	21.112	1.433.893	21.661	1.467.901	8.495	118.938	267	36.865
8 BADAJOZ	300	23.457	33.102	2.408.950	33.402	2.430.407	340	4.218	1.017	162.887
10 CÁCERES	406	31.294	15.081	935.591	15.487	966.885	1.576	21.621	318	39.871
EXTREMADURA	706	54.751	48.183	3.342.541	48.889	3.397.292	1.916	25.837	1.335	202.556
4 ALMERÍA	837	52.619	11.243	511.738	12.080	584.355	4.088	64.762	164	28.500
11 CÁDIZ	3.801	229.581	8.599	553.205	12.400	782.786	2.300	34.301	472	69.112
14 CÓRDOBA	9.081	534.394	22.318	1.518.148	31.399	2.052.540	3.704	45.480	964	139.968
18 GRANADA	3.402	221.434	14.951	956.652	18.353	1.177.085	2.103	30.249	892	95.143
21 HUELVA	692	45.886	10.573	511.443	11.265	657.309	853	12.825	156	21.251
23 JAÉN	5.282	328.393	21.798	1.507.599	27.080	1.835.992	5.916	66.760	283	36.339
28 MÁLAGA	2.276	143.661	9.004	566.017	11.280	728.879	1.321	16.458	271	40.555
41 SEVILLA	3.306	212.440	30.504	2.182.279	33.810	2.394.719	1.504	21.233	1.882	280.007
ANDALUCÍA	28.677	1.788.388	128.990	8.425.077	157.667	10.193.465	21.792	292.055	4.894	720.905
35 PALMAS (LAS)	8	334	1.452	70.448	1.460	70.782	381	2.039	1	150
38 S. CRUZ TENERIFE	38	2.538	2.140	78.533	2.178	81.072	6.043	42.462	6	467
CANARIAS	46	2.873	3.592	148.981	3.638	151.854	6.424	44.501	7	617
ESPAÑA	33.915	2.098.214	1.004.811	54.879.331	1.038.726	65.977.545	281.873	3.589.056	52.042	5.834.690

ANEXO 2: TRACTORES Y COSECHADORAS

PARQUE DE TRACTORES Y COSECHADORAS DE CEREALES EN USO
AÑO 2009

PROVINCIA	TOTAL TRACTORES	TOTAL COSECHADORAS
LA CORUÑA	40.966	114
LUGO	42.541	230
ORENSE	19.168	85
PONTEVEDRA	24.234	16
GALICIA	126.909	445
ASTURIAS	23.936	5
CANTABRIA	6.670	4
ÁLAVA	6.961	374
GUIPÚZCOA	5.010	0
VIZCAYA	5.527	1
PAÍS VASCO	17.498	375
NAVARRA	14.106	915
LA RIOJA	15.329	977
HUESCA	20.959	1.125
TERUEL	11.693	1.199
ZARAGOZA	27.370	2.099
ARAGÓN	60.022	4.423
BARCELONA	24.234	500
GERONA	24.234	499
LÉRIDA	24.234	1.404
TARRAGONA	24.234	399
CATALUÑA	96.936	3.210
BALEARES	19.928	276
ÁVILA	7.401	330
BURGOS	20.252	1.725
LEÓN	22.146	434
PALENCIA	11.273	557
SALAMANCA	13.785	662
SEGOVIA	11.275	512
SORIA	7.086	868
VALENCIA	16.859	632
ZAMORA	18.031	540
CASTILLA Y LEÓN	128.108	6.260
MADRID	9.206	348
ALBACETE	23.732	1.273
CIUDAD REAL	29.388	613
CUENCA	26.717	1.474
GUADALAJARA	7.035	772
TOLEDO	32.256	719
CASTILLA LA MANCHA	119.128	4.851
ALICANTE	14.590	145
CASTELLÓN	11.274	97
VALENCIA	29.339	281
C. VALENCIANA	55.203	523
MURCIA	18.233	267
BADAJOS	29.337	1.017
CÁCERES	12.814	318
EXTREMADURA	42.151	1.335
ALMERÍA	10.616	44
CÁDIZ	10.577	228
CÓRDOBA	27.785	417
GRANADA	15.392	321
HUELVA	9.756	73
JAÉN	24.290	108
MÁLAGA	9.590	132
SEVILLA	31.053	783
ANDALUCÍA	139.059	2.106
LAS PALMAS	1.291	1
TENERIFE	1.914	4
CANARIAS	3.205	5
TOTALES	895.627	26.325

ANEXO 3: SIMBOLOS DE VSM

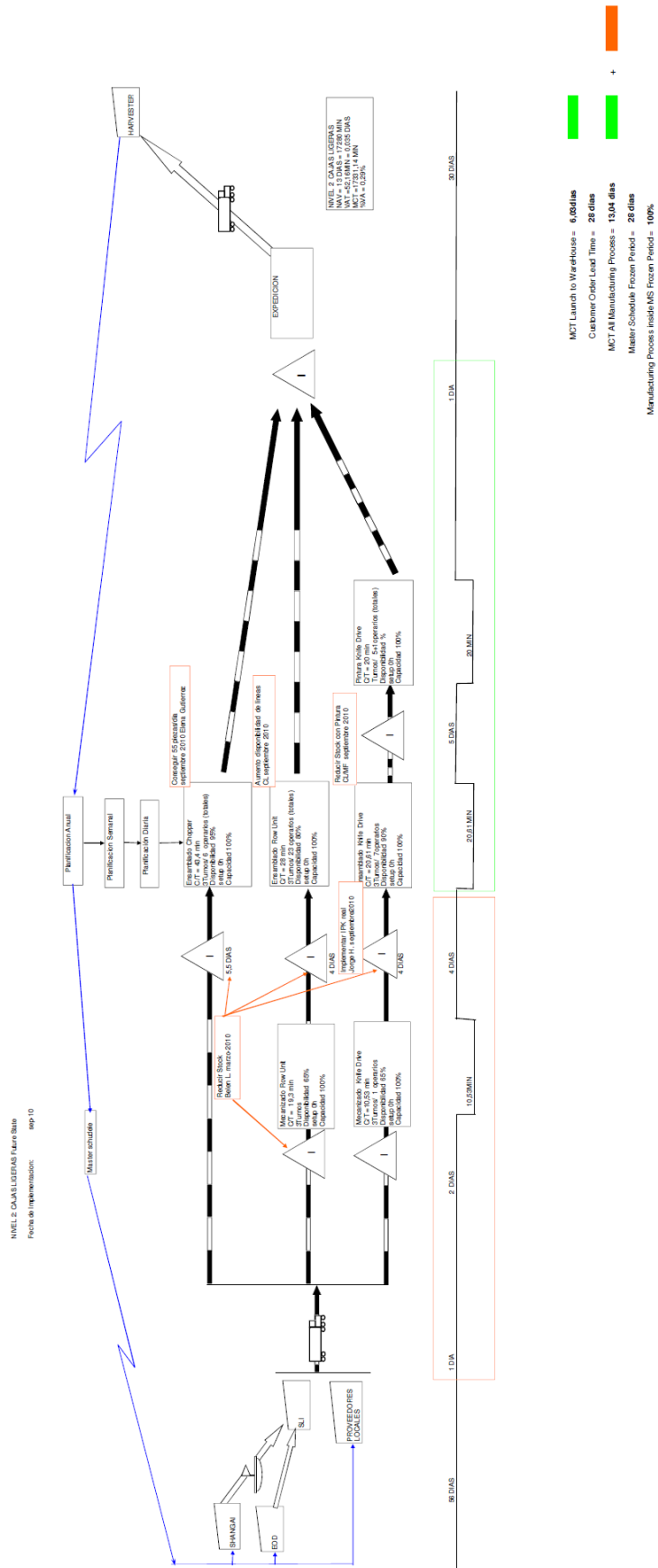
SIMBOLOS DE VSM		
ICONO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
	Fuentes externas	Representa a los clientes y/o proveedores
	Proceso de Manufactura	Puede representar procesos, operaciones, maquinas, etc.
	Casilla de datos	Icono utilizado para el registro de datos de procesos.
	Inventario	Indica lugares donde se acumula el inventario.
	Inventario de seguridad	
	Envíos de material	Nos indica movimiento de material entre fuentes distintas. Por transporte terrestre.
	Envíos de material	Nos indica movimiento de material entre fuentes distintas. Por transporte terrestre.
	Envíos de material	Movimiento de material por transporte marítimo.
	Flecha de Empuje	Movimiento de material que se produce y empuja.
	Envíos de material	Representa envíos de material o productos terminados.
	Supermercado	Inventario controlado de piezas
	Transferencia de Material	Flujo controlado de material entre procesos.
	Flujo Información	Movimiento de información electrónica.
	Flujo Información	Movimiento de información.
	Kanban de producción	Las líneas punteadas representan Kanban de material.
	Nivelación carga	Herramienta para equilibrar el volumen de producción.
	Explosión kaizen	Ideas o Mejora posibles en el VSM futuro
	Operario	Operario.
	Información	Representa cualquier tipo de información.

Anexo 4: CÓDIGO DE INCIDENCIAS

AC=	Accidente
AS=	Asunto Sindical
ASA=	Asamblea
ASE=	Asunto Sindical Externo
AV=	Avería
BO=	Botiquín
CA=	Capacitación
CB=	Cambio de Bidón
CH=	Cambio Herramienta
CM=	Consulta Médica
CP=	Cambio Puesto
CU=	Curso
DES=	Desplazado
EN=	Enfermo
FC=	Falta de Corriente
FdP	Falta de personal
FH=	Falta herramienta
FM=	Falta Material
FOR=	Formación
FP=	Fuera de Proceso
GF=	Gravedad Familiar
HA=	Horas "A"
HC=	Horas "C"
HD=	Horas "D"
INV=	Inventario
LAB=	Laboratorio
LAC=	Lactancia
LIM=	Limpieza
MM=	Movimiento Material
MONTAR=	Montar
NAC=	Nacimiento Hijo

NUP=	Nupcilidad
OT=	Otros
Out=	Fuera Equipo
PAT=	Paternidad
PE=	Permiso
PP=	Puesta a Punto
PRM=	Preparación de Máquina
PROTO=	Prototipos
RE=	Reunión
REP=	Reparar
RH=	Recuperar Horas
RJI=	Reducción de jornada Industrial
RM=	Reajuste Máquina
RPR=	Reproceso
TL=	Tiempo Libre (por horas trabajadas)
VA=	Vacaciones
VOT=	Votaciones

ANEXO 5: VSM NIVEL 2 CAJAS LIGERAS (Futuro)



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Bibliografía

Estudio y mejora de una línea de montaje
mediante Lean Manufacturing

Ismael Torres Gárate

BIBLIOGRAFÍA

- Observar para crear valor. Cartografía de la cadena de valor para agregar valor y eliminar “muda”. Mike Rother y John Shook. The Lean Enterprise Institute Brookline, Massachusetts, U.S.A. (www.lean.org). Versión 1.2 Junio 1.999.
- Fundamentals of flow manufacturing. Gerard Leone y Richard D. Rahn. Publicado por Flow Publishing Inc. Boulder, Colorado, U.S.A. (www.flowpublishing.com) 2.002.
- Lean Six Sigma. Combining Six Sigma quality with Lean production speed. Michael L. George. Copyright 2.002 by the McGraw-Hill Companies, Inc.
- Las claves del éxito Toyota. Jeffrey K. Liker. Ediciones Gestión 2000. Año edición 2.006.
- Lean Management: la gestión competitiva por excelencia. Lluís Cuatrecasas. Editorial: Profet Editorial. Año Edición 2.010, Barcelona.
- Lean Manufacturing Implementation: a complete execution manual for any size manufacturer. Dennis H. Hobbes. J.Ross Publishing. Año de edición 2.004.
- Como implementar manufactura eficiente (Lean Manufacturing). Lonnie Wilson. McGraw-Hill, 2.009.
- Apuntes de Organización de la Producción del Master en ingeniería de Organización y Logística facilitados por Bernardo Prida.
- Otra documentación, manuales y formación aportada por la empresa John Deere Ibérica, S.A.

Además, se han consultado las siguientes páginas de internet.

- www.lean.org
- www.flowpublishing.com
- www.nationmaster.com
- www.ibisworld.com
- www.mailxmail.com
- www.nationmaster.com/graph/agr_agr_mac_tra-agriculture-agricultural-machinery-tractors
- www.ibisworld.com/industry/default.aspx?indid=672
- www.r2.deere.com/sites/eur/pages/default.aspx
- jdsn.deere.com
- Jdforums.deere.com
- www.abcagro.com
- www.toyota.es